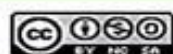




Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq.
Fernando Belaunde Terry km 656+000 al km 18+160 Sauce, provincia y región
San Martín**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Pedro Navarro Freyre

ASESOR:

Ing. M. Sc. Juvenal Vicente Díaz Agip

Tarapoto – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**Diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq.
Fernando Belaunde Terry km 656+000 al km 18+160 Sauce, provincia y región
San Martín**

AUTOR:

Pedro Navarro Freyre

Sustentado y aprobado el día 06 de diciembre del 2017, ante el honorable jurado

Ing. Máximo Alcibiades Vilca Cotrina
PRESIDENTE

Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón
SECRETARIO

Ing. Mg. Ramiro Vásquez Vásquez
MIEMBRO

Autorizado: R.N° 014-2019-UNSM/FICA-D-NLU

Ing. Msc. Juvenal Vicente Díaz Agip
ASESOR

Declaratoria de Autenticidad


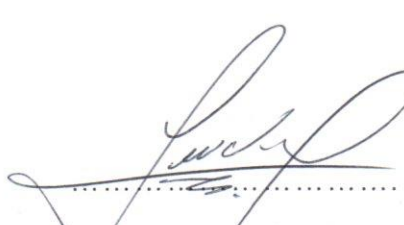
Pedro Navarro Freyre identificado con el DNI N° 45351688, egresado de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq. Fernando Belaunde Terry km 656+000 al km 18+160 Sauce, provincia y región San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada, es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 06 de diciembre del 2017



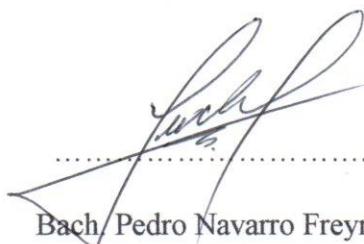
Bach. Pedro Navarro Freyre
DNI N° 45351688

Declaración Jurada

Pedro Navarro Freyre identificado con el DNI N° 45351688 con domicilio legal Jr. Leticia N° 676 - Sauce, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por la cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 06 de diciembre del 2017


.....
Bach. Pedro Navarro Freyre



DNI N° 45351688

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	NAVARRO FREYRE PEDRO		
Código de alumno :	073768	Teléfono:	965788085
Correo electrónico :	nafe-16@hotmail.com	DNI:	45351608

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de:	INGENIERÍA CIVIL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	DISEÑO GEOMÉTRICO Y DRENAJE DEL CAMINO VECINAL DEL CAMINO VECINAL DIVISIÓN CARRETERA ARG. FERNANDO BELAUNDE TERRY KM 658 +000 AL KM 18 +000 SALCE, PROVINCIA Y REGIÓN SAN MARTÍN
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento:

18 / 07 / 2019


Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM - T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios, por darme la salud y la fortaleza para poder concluir mi estudio profesional en **Ingeniería Civil** y tener su manto protector durante todo este tiempo.

A mis Padres, **Alberto Navarro Amasifen y Rosa del Carmen Freyre Gómez** a quienes les debo todos los logros. Agradezco el cariño y el ejemplo de quien con esfuerzo y trabajo puedes lograr tus metas.

Pedro

Agradecimiento

A mis compañeros de aula y docentes por compartir horas y horas en las aulas con responsabilidad y otras de relajo, con alegría, desvelos y todo cuanto puede vivir un alumno en esta mi **Universidad Nacional de San Martín**.

Pedro

Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice.....	viii
Resumen.....	xviii
Abstract.....	xix
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Exploración preliminar orientando el proyecto.....	1
1.3. Aspectos generales del estudio.....	2
1.3.1 Ubicación geográfica donde se desarrollara el proyecto	3
1.3.2 Limites geográficos	3
1.3.3 Aspectos generales de la zona del proyecto.....	4
1.3.3.1 Altitud.	4
1.3.3.2 Hidrología, clima y topografía	4
1.3.3.3 Accesos y vías de comunicación	5
1.3.3.4 Demografía y área beneficiada.....	5
1.3.3.5 Descripción del proyecto	6
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	7
2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitacion y formulacion del problema a resolver.7	
2.1.1 Antecedentes del problema	7
2.1.2 Planteamiento del problema.....	9
2.1.3 Delimitacion del problema.....	9
2.1.4 Formulación del problema a resolver	9
2.2 Objetivos	9
2.2.1 Objetivo general	9
2.2.2 Objetivos específicos	10
2.3 Justificación de la investigación.....	10
2.4 Delimitación de la investigación	11
2.5 Marco teórico.....	11

2.5.1	Antecedentes de la investigación	11
2.5.2	Fundamento teórico	14
2.5.2.2	Clasificación de vía	14
2.5.2.2.1	Según su función	14
2.5.2.2.2	Según la demanda.....	14
2.5.2.2.3	Según la orografía	14
2.5.2.3	Diseño geométrico.....	15
2.5.2.3.1	Velocidad directriz	15
2.5.2.3.2	Distancia de visibilidad	15
2.5.2.3.3	Alineamiento horizontal	16
2.5.2.3.4	Curva horizontal	17
2.5.2.3.5	Alineamiento vertical	22
2.5.2.3.6	Sección transversal	26
2.5.2.4	Hidrología y drenaje	28
2.5.2.4.1	Estudio hidrológico	29
2.5.2.4.2	Drenaje.....	32
2.5.2.4.2.1	Drenaje superficial.....	32
2.5.3	Marco conceptual: Terminología básica.....	40
2.5.4	Marco histórico	41
2.6	Hipótesis a demostrar	42
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS		43
3.1	Materiales.....	43
3.1.1	Recursos humanos.....	44
3.1.2	Recursos materiales	44
3.1.3	Recursos de equipos	45
3.1.4	Otros recursos	45
3.2	Metodología:	46
3.2.1	Universo, muestra, población	47
3.2.1.1	Universo.....	47
3.2.1.2	Muestra	47
3.2.1.3	Población.....	47
3.2.2	Sistema de variables	47

3.2.2.1	Variable independiente.....	47
3.2.2.2	Variable dependiente.....	47
3.2.2.3	Variables intervinientes.....	48
3.2.3	Diseño experimental de la investigación.....	48
3.2.4	Diseño de instrumentos.....	48
3.2.4.1	Ámbito geográfico.....	48
3.2.4.2	Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos.....	49
3.2.4.3	Técnicas estadísticas.....	49
3.2.5	Procesamiento de información.....	52
3.2.5.1	Ensayos preliminares.....	52
3.2.5.1.1	Estudio topográfico.....	52
3.2.5.1.2	Estudio de tráfico.....	54
3.2.5.2	Diseño geométrico.....	62
3.2.5.2.1	Topografía de la zona.....	63
3.2.5.2.2	Características de tránsito.....	63
3.2.5.2.3	Diseño geométrico.....	64
1.	Normatividad.....	64
2.	Clasificación vial.....	65
3.	Velocidad directriz.....	65
4.	Sección transversal.....	67
4.1	Calzada.....	67
4.2	Bermas.....	68
4.3	Bombeo.....	68
4.4	Peralte.....	69
4.5	Taludes.....	71
4.6	Cunetas.....	71
5.	Diseño geométrico en planta.....	72
5.1	Radio mínimos.....	72
5.2	Sobre ancho.....	73
6.	Diseño geométrico en perfil longitudinal.....	75
6.1	Curvas verticales.....	75
6.2	Pendientes.....	75

7.	Coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical	75
8.	Características geométricas del diseño	75
3.2.5.2.4	Hidrología y drenaje	76
1.	Inventario de obras de drenaje existentes	76
1.1	Puentes	76
1.2	Badenes	77
1.3	Alcantarillas	77
1.4	Cunetas	77
1.5	1.5 Sectores inestables	77
2.	Hidrología	77
2.1	Diagnóstico de sistema de drenaje existente.....	78
2.2	Información hidrológica	79
2.2.1	Hidrografía	80
2.2.2	Clima y temperatura	80
2.3	Información básica	80
2.3.1	Información cartográfica	80
2.3.2	Información pluviométrica	80
2.3.3	Intensidad máxima (I).....	81
2.4	Áreas hidrográficas	81
2.5	Diseño hidraulico de estructuras de drenaje	83
CAPÍTULO IV RESULTADOS		85
4.1	Estudio topográfico	85
4.2	Estudio de tráfico	85
4.3	Diseño geométrico.....	89
4.3.1	Clasificación vial.....	90
4.3.2	Velocidad directriz	90
4.3.3	Sección transversal	91
4.3.4	Calzada	93
4.3.5	Bermas	93
4.3.6	Peralte	93
4.3.7	Taludes.....	94
4.3.8	Cunetas	94

4.3.9	Diseño geométrico en planta.....	95
4.3.10	Radio mínimos.....	95
4.3.11	Sobre ancho.....	95
4.3.12	Diseño geométrico en perfil longitudinal	99
4.3.12.1	Curvas verticales	99
4.3.12.2	Pendientes	99
4.3.12.2	Coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical.....	99
4.3	Diseño hidráulico de estructuras de drenaje	100
4.3.1	Estudio hidrológico.	100
A.	Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas anuales en Sauce....	100
B.	Precipitación máxima en 24 horas	102
C.	Prueba de bondad de ajustes Kolmogorov - Smirnov	105
D.	Resultado del análisis de regresión.....	110
E.	Intensidad máximas – estación Sauce (mm/h)	110
F.	Precipitaciones de diseño para duraciones menores a 24 horas.....	111
G.	Parámetros geomorfológicos de las cuencas.....	115
H.	Método de hidrograma unitario triangular	115
I.	Análisis de riachuelos.....	116
I.	Método racional	116
J.	Caudal de diseño:.....	117
4.3.2	Tipo de estructura a diseñar	117
4.3.2.1	Alcantarilla:	117
4.3.2.2	Cunetas:	124
A.	Ejemplo: Determinación del caudal máximo de sección.....	128
B.	Área de influencia del canal con mayor longitud en la carretera	128
C.	Sección de influencia:	129
D.	Diseño de cuneta triangular tipo II	130
E.	Determinación del caudal aplicando método racional	132
F.	Determinación de caudal vs tirante variando la pendiente	134
4.3.2.3	Baden:	136
	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	137
5.1	Análisis	137

5.1.1	Ensayos preliminares.....	137
5.1.2	Estudio de tráfico	137
5.1.3	Diseño geométrico.....	138
5.1.4	Hidrología y drenaje	138
5.2	Discusión de resultados	138
CONCLUSIONES.....		140
RECOMENDACIONES.....		141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		142
ANEXOS		144
PANEL FOTOGRÁFICO		145
FICHAS DE CONTEO VEHICULAR		146
PLANOS.....		147

Índice de tablas

Tabla 1 : Proyección de población.....	6
Tabla 2 : Ángulos de deflexión máxima para los que no se requiere curva horizontal	16
Tabla 3 : Radios mínimos y peraltes máximos.....	19
Tabla 4 : Necesidad de curvas de transición	20
Tabla 5 : Índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa	24
Tabla 6 : Índice k para el cálculo de la longitud de curva vertical concava.....	25
Tabla 7 : Pendientes máximas (%)	25
Tabla 8 : Ancho mínimo de calzadas en tangentes.....	27
Tabla 9 : Taludes de relleno	28
Tabla 10: Taludes de corte	28
Tabla 11: Coeficiente de escorrentía método racional.....	31
Tabla 12: Valores del coeficiente de Manning.....	33
Tabla 13: Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos.....	34
Tabla 14: Velocidades límites admisibles.....	37
Tabla 15: Dimensiones mínimas	38
Tabla 16: Factor de corrección mensuales, estación de peaje Moyobamba – ruta R - 05N.....	56
Tabla 17: Factores de corrección mensual 2010 para determinar índice medio diario anual	57
Tabla 18: Resumen de volumen de tráfico diario	57
Tabla 19: Cálculo de índice medio diario semanal.....	59
Tabla 20: Cálculo de índice medio diario anual (IMDA)	61
Tabla 21: Volumen diario clasificado (domingo).....	64
Tabla 22: Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía	66
Tabla 23: Radios mínimos y peralte máximo.....	73
Tabla 24: Valores del sobreancho (Ancho calzada 7.30m, 2 carriles y vehículo C2	74
Tabla 25: Valores del sobreancho en función a “L” del tipo de vehículo de diseño	74
Tabla 26: Estación pluviométrica disponible en la zona de estudio	81
Tabla 27: Parámetros geomorfológicos de las áreas de influencia de alcantarillas y badenes	81
Tabla 28: Cálculo de caudal - drenaje.....	82

Tabla 29: Resumen de volumen de tráfico diario	85
Tabla 30: Cálculo del índice medio diario semanal (IMDS)	87
Tabla 31: Cálculo del índice medio diario anual (IMDA)	88
Tabla 32: Velocidad directriz de la vía por tramos.....	91
Tabla 33: Ancho de calzada de la vía por tramos	93
Tabla 34: Ancho de berma en la vía por tramos.....	93
Tabla 35: Cálculo de sobreancho.....	96
Tabla 36: Características geométricas del diseño	100
Tabla 37: Datos pluviométricos, registro de 25 años.....	101
Tabla 38: Datos de máxima precipitación en 24 horas	101
Tabla 39: Cálculo estadístico	102
Tabla 40: Distribución normal.....	103
Tabla 41: Distribución log normal.....	104
Tabla 42: Distribución Log Pearson III	104
Tabla 43: Distribución tipo I - Gumbel.....	104
Tabla 44: Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución normal	105
Tabla 45: Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución log normal.....	106
Tabla 46: Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución log normal.....	107
Tabla 47: Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución Gumbel	108
Tabla 48: Lluvias máximas (mm) – estación Sauce	109
Tabla 49: Intensidad máxima – estación Sauce (mm/h)	110
Tabla 50: Precipitación Pmax 24 horas, T=500 años	111
Tabla 51: Precipitación Pmax 24 horas, T=100 años	112
Tabla 52: Precipitación Pmax 24 horas, T=50 años	113
Tabla 53: Precipitación Pmax 24 horas, T=25 años	114
Tabla 54: Precipitación Pmax 24 horas, T=10 años	114
Tabla 55: Parametros geomorfológicos de las cuencas	115
Tabla 56: Hidrograma unitario triangular	115
Tabla 57: Análisis de riachuelo – método racional	116
Tabla 58: Sección hidraulica de las alcantarillas a proyectar.....	120
Tabla 59: Capacidad de conducción en función de la pendiente cuneta sin revestir.....	130
Tabla 60: Capacidad de conducción en función de la pendiente cuneta revestida	131

Tabla 61: Caudal aplicando metodo racional	133
Tabla 62: Determinación del caudal vs tirante variando la pendiente	135

Índice de figuras

Figura 1 : Ubicación del proyecto	3
Figura 2 : Mapa que muestra la ubicación de vía dentro la jurisdicción del distrito de Sauce y el distrito de Alberto Leveau.	5
Figura 3 : Simbología de la curva circular	18
Figura 4 : Sobreancho en los sectores de transición y circular	21
Figura 5 : Visibilidad de curva	22
Figura 6 : Elementos de la curva vertical simétrica.....	23
Figura 7 : Elementos de la curva vertical asimétrica.....	24
Figura 8 : Elementos de la curva vertical asimétrica.....	26
Figura 9 : Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil.....	30
Figura 10: Sección típica de cuneta triangular	37
Figura 11: Detalle de zanja de coronación.....	39
Figura 12: Detalle de zanja de drenaje.....	39
Figura 13: Volumen de tráfico por día.....	5
Figura 14: Índice diario medio semanal (IMDS)	60
Figura 15: Índice medio diario anual (IMDA)	61
Figura 16: (DG-2001) - peralte para cruce urbano	70
Figura 17: Peralte en zona rural	71
Figura 18: Peralte en zona rural (tipo 3 Ó 4)	71
Figura 19: Volumen de tráfico por día.....	86
Figura 20: Índice diario medio semanal (IMDS)	87
Figura 21: Índice diario medio anual (IMDA)	89
Figura 22: Sección tipo I.....	91
Figura 23: Sección tipo II.....	92
Figura 24: Intensidad máxima – estación Sauce	110
Figura 25: Ubicación de alcantarillas de acuerdo a la sección transversal	119
Figura 26: Sección de influecia hidrográfica de cuneta.....	129

Índice de planos

Plano de ubicación y localización.....	PU
Plano clave.....	PC
Plano de planta y perfil general.....	PP
Plano de arquitectura y dirección de flujo de drenaje.....	PD
Lamina 01 Km 0+000 a 1+000.....	PD-01
Lamina 02 Km 1+000 a 2+000.....	PD-02
Lamina 03 Km 2+000 a 3+000.....	PD-03
Lamina 04 Km 3+000 a 4+000.....	PD-04
Lamina 05 Km 4+000 a 5+000.....	PD-05
Lamina 06 Km 5+000 a 6+000.....	PD-06
Lamina 07 Km 6+000 a 7+000.....	PD-07
Lamina 08 Km 8+000 a 9+000.....	PD-08
Lamina 09 Km 9+000 a 10+000.....	PD-09
Lamina 10 Km 10+000 a 11+000.....	PD-10
Lamina 11 Km 11+000 a 12+000.....	PD-11
Lamina 12 Km 12+000 a 13+000.....	PD-12
Lamina 13 Km 13+000 a 14+000.....	PD-13
Lamina 14 Km 14+000 a 15+000.....	PD-14
Lamina 15 Km 15+000 a 16+000.....	PD-15
Lamina 16 Km 16+000 a 17+000.....	PD-16
Lamina 17 Km 17+000 a 18+165.....	PD-17

Resumen

El presente trabajo de Tesis para optar del Título Profesional de Ingeniero Civil, se a desarrollado con la finalidad de efectuar un aporte técnico – científico para contribuir a mejorar la transitabilidad de un via, que al ser ejecutada contar con un camino vecinal que dinamizará el desarrollo socioeconómico del Distrito.

La investigación es de tipo aplicada y se ha llevado a cabo por la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, de la Universidad Nacional de San Martín, desarrollando el proyecto en el Distrito de Sauce, Provincia de San Martín en la Región de San Martín. Para elaborar este trabajo se aplicó los conceptos básicos requeridos en el área de transporte en la demanda vehicular de la carretera y drenaje en el manejo de aguas superficiales. El cual implica darle una solución técnica al problema, ejecutandose trabajos de campo y de gabinete las cuales se pueden mencionar; visitas preliminares, levantamiento topográfico, cálculos topográficos, diseño geométrico de la carretera, movimiento de tierras, estudio hidrológico, drenajes transversales y longitudinales, elaboración de planos y memoria de cálculo.

El fin de este proyecto se enmarca en el anhelo de aportar al desarrollo de los pueblos de nuestra región de San Martín y en especial en el crecimiento socioeconómico del Distrito de Sauce.

Palabras clave: Diseño geométrico, drenaje, camino vecinal, Sauce [distrito], San Martin [Provincia], región San Martín.

Abstract

The following work of Thesis to opt for the Professional Title of Civil Engineer, has been developed with the purpose of making a technical - scientific contribution to help improve the trafficability of a road, that when executed have a neighborhood road that will dynamis the development socio-economic of the District.

The research is of the applied type and has been carried out by the Professional Academic School of Civil Engineering of the Faculty of Civil Engineering and Architecture of the National University of San Martín, developing the project in the District of Sauce, Province of San Martín in the San Martín Region. In order to elaborate this work, the basic concepts required in the area of transport were applied in the vehicular demand of the road and drainage in the management of surface water. Which implies giving a technical solution to the problem, executing field and cabinet works which can be mentioned; preliminary visits, topographic survey, topographic calculations, geometric design of the road, earthworks, hydrological study, transversal and longitudinal drainages, elaboration of plans and calculation memory.

The aim of this project is framed in the desire to contribute to the development of the peoples of our region of San Martin and especially in the socioeconomic growth of the Sauce District.

Keywords: Geometric design, drainage, neighborhood road, Sauce [district], San Martin [Province], San Martín region.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

El Distrito de Sauce es un importante destino turísticos en la región San Martín por ubicarse allí la majestuosa “Laguna Azul”, es visitado por los turistas nacionales y extranjeros, y la única vía de acceso es por vía terrestre, desde la ciudad de Tarapoto por la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry (sur), 35 km aproximadamente, hasta la altura del Puerto López al margen izquierdo del río Huallaga. Luego ingresa por la carretera vecinal SM – 593 hasta el distrito de Sauce, que se dispone desde el desvío de la carretera PE- 5N Arq. Fernando Belaunde Terry, a la altura de km 656+000, 02 km hasta el puerto “Sauce” (Margen Izquierdo del Rio Huallaga), y luego de cruzar el rio Huallaga en balsas cautiva, se recorre 16 km de carretera afirmado hasta el distrito de Sauce.

En este proyecto de tesis se tiene planificado realizar el mejoramiento del diseño geométrico y drenaje de la carretera de acceso al distrito de Sauce que cuenta con 18+160 km, desde el desvío de la vía nacional. La carretera tiene características topográficas onduladas y accidentadas como deficiencia las pendientes pronunciadas, curvas cerradas y ancho de vía angostas en los tramos accidentados, lo que hoy en día disminuye su capacidad de transitabilidad, sobre todo para los vehículos de dimensiones mayores (Buses y Semi Trailers).

El trabajo propuesto se enmarca en realizar un diseño geométrico y drenaje de carretera de características de segunda clase con IMD mayores a 400 veh/día, y capacidad de transitabilidad acorde a la necesidad de lo que se presenta y se proyecta. De cada proyecto realizado siempre se obtienen lecciones aprendidas, que buscan ganar experiencia o mejorar el desarrollo del siguiente proyecto, con la finalidad de obtener un óptimo rendimiento de cada componente y disminuir costos de proyección, ejecución, operación y mantenimiento.

1.2. Exploración preliminar orientando el proyecto

Para la ejecución de un proyecto de carretera que puede ser de apertura, mejoramiento de vía o a nivel definitivo con pavimento, es indispensable realizar estudios preliminares. En el caso del mejoramiento del diseño geométrico y drenaje planteado para la carretera que

hoy permite el acceso hacia el Distrito de Sauce, para mejorar en la transitabilidad y manejo de las aguas superficiales.

La investigación de los antecedentes sobre proyectos y trabajos ya realizados sobre la vía permiten analizar y plantear el problema a la necesidad de mejorar la transitabilidad. Cabe indicar que los trabajos enmarcados en esta tesis sobre la solución del problema de la vía son parciales, limitándose al diseño geométrico y drenaje que son estudios importantes en la ejecución a nivel definitivo de una carretera.

Se realiza el trabajo de recopilación de datos en campo, haciendo el levantamiento topográfico de la vía existente, para determinar las pendientes, curvas, cortes de taludes, relleno, dirección de la escorrentía de las aguas superficiales y trazo de eje de vía. El estudio de tráfico con el conteo de vehículos ligeros y pesados para calcular el IMD (Índice Medio Diario), que permita clasificar la vía en función a su demanda, teniendo los parámetros de acuerdo al manual de diseño que indica el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones), velocidad de diseño, sección transversal, proyección de crecimiento de vehículos y superficie de rodadura.

Para estudio de drenaje que implica el diseño de zanjas, cunetas, alcantarillas transversales, zanjas de coronación, todas estas obras de arte que permiten evacuar las aguas superficiales hacia cauces naturales con el fin de cuidar que la vía no se vea afectada por acontecimientos generados por el agua. Siempre con el objetivo de facilitar el acceso entre dos puntos necesarios a la demanda de las personas beneficiados.

1.3. Aspectos generales del estudio

Se plantea realizar el diseño geométrico que contempla el diseño de las curvas horizontales y verticales, peraltes, sobreancho, pendientes, bombeo, ancho de vía, berma, intersecciones, distancia de visibilidad, de acuerdo a los aspectos técnicos y parámetros establecidos en el manual de diseño geométrico de carretera del MTC, en referencia a la velocidad de diseño, tipo de carretera en la clasificación en función a su demanda, vehículo de diseño, etc.

En el diseño del drenaje superficial, transversal y longitudinal tener las premisas de estudio como, características topográficas, estudio de cuencas hidrográficas, características de cauces, datos de crecidas; que permitirán el diseño y dimensionamiento de las obras de arte como, alcantarillas, zanjas, cunetas, cunetas de coronación, badenes, etc. Estas secciones estarán en función al caudal máximo de diseño determinado de los datos de

intensidad máxima de lluvias del registro de datos pluviométrico del SENAMHI, a lo largo de 25 años.

1.3.1 Ubicación geográfica donde se desarrollara el proyecto

Departamento : San Martín

Provincia : San Martín

Distrito : Sauce

Localización: Km 656+00 Carretera Fernando Belaunde Terry – Sauce Km 18+165

1.3.2 Límites geográficos

Este : Distrito de Chazuta

Oeste : Distrito de Cabo Alberto Leveau.

Norte : Distrito de Shapaja.

Sur : Distrito de Tres Unidos (Provincia de Picota)



Figura 1: Ubicación del proyecto





Figura 2: Mapa que muestra la ubicación de vía dentro la jurisdicción del distrito de Sauce y el distrito de Alberto Leveau.

1.3.3 Aspectos generales de la zona del proyecto

1.3.3.1 Altitud.

El lugar donde se desarrolla el proyecto está ubicado, parte baja inicio de la carretera a 240 m.s.n.m. el tramo más elevado a 775 m.s.n.m. y en el mismo distrito de Sauce con altura de 620 m.s.n.m.

1.3.3.2 Hidrología, clima y topografía

a) Hidrología

La región y específicamente el Distrito de Sauce, es rica en cuencas hidrológicas. El sistema hidrográfico está conformado por los ríos que desembocan en el río Amazonas.

La red hidrográfica pertenece a la vertiente del Atlántico y está dominado por el río Huallaga (cuenca media), y su alineamiento es de sur a norte. El sistema hidrográfico del Huallaga está formado por ríos, riachuelo y lagunas a lo largo de la región, en las que destaca la *Laguna Azul* de Sauce.

b) Clima

El clima predominante del área del proyecto es el cálido húmedo (Tropical Húmedo), distinguiéndose dos estaciones claramente definidas: Estación seca de junio a Setiembre y la otra lluviosa de octubre a mayo.

La precipitación máxima mensual que se presenta en la región es de 224.2 mm y una precipitación mínima mensual de 51.1 mm.

La temperatura media anual es de 23.8 °C. La temperatura máxima mensual es de 38 °C y una mínima mensual de 20 °C.

c) Topografía

La topografía del Distrito de Sauce, es accidentado en su acceso al poblado y a la zona al lago, corresponde a los típicos relieves de la Selva Alta, en este caso su morfología es condicionado por el cruce del río Huallaga, con valles con fondos de gran longitud, los fondos de los valles presentan características poca accidentada, con cerros considerable a los costados, con altura hasta los 800 m.s.n.m. Y en el poblado mismo alrededor del lago, presenta una pequeña llanura resultado de la sedimentación del mismo, donde se encuentra desarrollado la urbanización a una altura de 650 m.s.n.m.

1.3.3.3 Accesos y vías de comunicación

Para llegar al distrito de Sauce, tomando como punto de partida la ciudad de Tarapoto se realiza de la siguiente manera.

Medios para acceder a las población de Sauce

Medios de acceso	Nombre de la estación	Ubicación
Acceso N° 01	Puerto Sauce	Jurisdicción del Distrito de Sauce, entrada a la altura del Km 656+000 de la Carretera Arq. Fernando Belaunde Terry.
Acceso N° 02	Puerto López	Jurisdicción del Distrito de Sauce, entrada a la altura del Km 656+500 de la Carretera Arq. Fernando Belaunde Terry.
Acceso N° 03	Entrada Alberto Leveau	Jurisdicción del Distrito de Alberto Leveau, entrada a la altura del Km 645+099 de la Carretera Arq. Fernando Belaunde Terry.

1.3.3.4 Demografía y área beneficiada

La población beneficiada está representada por la población del área de influencia del proyecto: Localidad de Sauce, y sus caseríos (Dos de Mayo, Santa Rosa de Huayali, Alto Sauce, Los Ángeles, Nueva Esperanza, El Porvenir, El Mirador).

La técnica a utilizar para medir la demanda, considerando el beneficio del proyecto, se utiliza como unidad de medida el IMD (índice Medio Diario) de vehículos que transitarán por la vía cuando se mejore las condiciones de la vía.

Tabla1*Proyección de población*

Variables	1993	2007	TCI	FP
Provincia San Martín	118,069.00	161,132	2.25 %	1.02
Distrito de Sauce	4,568.00	10,598	6.20%	1.06

Fuente: INEI – CENSO 2007**1.3.3.5 Descripción del proyecto**

El presente proyecto contempla la ejecución de dos metas importantes:

- 1) Diseño Geométrico de la Carretera; que contempla el trazo de la vía, Alineamiento Horizontal (Diseño de Curvas), Alineamiento vertical, Sección Transversal,
- 2) Diseño del Drenaje de la Carretera; estudio hidrológico, cálculo del diseño hidráulico de estructura de drenaje.

De acuerdo a las recomendaciones hechas por los manuales de diseño de carreteras y manual de drenaje en carreteras del MTC.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes, planteamiento, delimitacion y formulacion del problema a resolver

2.1.1 Antecedentes del problema

Los Distritos de Sauce y Alberto Leveau de la provincia de San Martín del departamento San Martín, se encuentran en el margen derecho del rio Huallaga en el valle del Mishquiyacu, en referencia al rio Mishquiyacu.

Los Distritos señalados se caracterizan por encontrarse relativamente aislados por la imponente presencia del rio Huallaga, la principal dificultad es de poder transitar después de las siete (07) de la noche hacia Tarapoto, porque para cruzar el rio se utilizan balsas cautivas y un catamarán. El acceso se realiza por sus respectivas carreteras luego de haber sorteado el pase del rio Huallaga.

Esta vía año tras año es mantenida mediante faenas realizadas por los pobladores de las comunidades que se encuentran a la margen del camino vecinal, en coordinación con la Municipalidad Distritales de Sauce y Municipalidad Distritales de Alberto Leveau y la Municipalidad Provincial de San Martín, mediante el IVP-Instituto Vial Provincial; estos trabajos no garantizan la transitabilidad en épocas de lluvia debido a que la vía no cuenta con obras necesarias como cunetas, alcantarillas, badenes y otros sistemas de drenaje. Durante buen tiempo los beneficiarios solicitan el mejoramiento de la vía a la Municipalidad Provincial de San Martín; los cuales hasta la fecha no han atendido este clamor de la población.

El presente trabajo consistiría en plantear el diseño geométrico Y drenaje del camino vecinal que comunica a la comunidad de Sauce y caseríos hacia la ciudad Tarapoto de aquí al resto de la provincia, región y el país.

Entre los principales antecedentes a la elaboración del presente Proyecto se reconocen:

1. En mayo del año 2009 la municipalidad provincial de San Martín elaboró el proyecto denominado *“Mejoramiento del camino vecinal tramo: Dv. carretera Belaunde Terry Sur - Puerto López - Sauce (longitud = 18+160 km.), en el distrito de Sauce, provincia de San Martín - San Martín”*, el mismo consideraba:

Mejoramiento del camino vecinal tramo división carretera Belaunde Terry Sur Puerto López-Sauce, en el distrito de Sauce, a nivel de pavimento flexible (carpeta asfáltica en caliente e=5cm), en una longitud total de 18+160 Km. 2) Construcción del sistema de drenaje pluvial, 3) muros de contención, bermas, drenes, 4) señalización vial, 5) protección ambiental y 6) otras obras complementarias.

Sin embargo, no se logró ejecutar el proyecto básicamente, en opinión de funcionarios de transportes de la municipalidad provincial de San Martín y municipalidad distrital de Sauce porque el Proyecto se formuló sin considerar cuestiones técnicas propias del ambiente del área de estudio, como por ejemplo el elevado nivel de salinidad, el mismo que habría dificultado posteriormente construir un puente. El Proyecto quedó como uno de los primeros intentos por resolver la situación negativa.

2. En junio del 2012 la municipalidad distrital de Sauce inició el proceso para contratar servicios profesionales para la elaboración de dos Proyectos de Inversión Pública, uno para la construcción del puente para el acceso a Sauce y otro para mejorar la vía tramo División Carretera Fernando Belaunde Terry-Albert Leveau-Sauce a nivel de asfalto. En noviembre del año 2012 la Municipalidad Distrital de Sauce contó con los Proyectos de Inversión Pública: “Creación del puente vehicular sauce, en la localidad Alberto Leveau, distrito de sauce - San Martín - San Martín”-de código: 239642 y “Mejoramiento de la carretera tramo Cabo Alberto Leveau-Sauce-Dos de Mayo y construcción del puente vehicular sauce en los dist. Sauce y Alberto Leveau, distrito de Sauce - San Martín - San Martín”- de código: 239609.

El problema que no permitió seguir con el proceso de evaluación y posterior ejecución de la obra, fue que la municipalidad distrital de Sauce reconoció que no contaba con competencias jurisdiccionales para evaluar y ejecutar el proyecto, ya que el mismo considera a tres distritos, 1) Distrito de Juan Guerra, ya que para este proyecto se inicia en la división del Km 645+099 de la carretera Fernando Belaunde Terry, 2) El puente y parte de la vía se ubica en el distrito Alberto Leveau, porque se reconoció que es la mejor zona para ubicar el puente debido a que en ese espacio el río Huallaga es más corto y 3) en el distrito Sauce.

2.1.2 Planteamiento del problema

La vía de acceso desde la división de la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry, que da acceso al mencionado Distrito y sus anexos se encuentra en la actualidad en mal estado, en el deterioro de la plataforma de rodadura que carecen de obras para el drenaje de las aguas pluviales, curvas muy cerradas, elevadas pendientes en algunos tramos de la carretera y ancho de vía limitado para el tránsito. El distrito de Sauce es el lugar más visitado por los turistas en la región San Martín, por lo tanto la demanda de disponer de una buena vía de acceso es importante, para evitar la disminución del interés de los turistas para visitar Sauce, por la demora y el malestar de la dificultad para el traslado de los vehículos de pasajeros y carga de los productos agrícolas al mercado regional.

2.1.3 Delimitación del problema

El proyecto de tesis se enmarca en desarrollar las metas planteadas para la carretera, dentro el tramo considerado que es del desvío (km 556) de la red vial nacional carretera Arq. Fernando Belaunde Terry hasta el poblado de Sauce en una longitud de 18+160 km, dividido en dos tramos: Desvío – Puerto Sauce y Puerto Sauce – Poblado de Sauce.

2.1.4 Formulación del problema a resolver

Teniendo planteado el problema es necesario responder la siguiente interrogante, ¿De qué manera el proyecto determinado **“Diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq. Fernando Belaunde Terry Km 656+000 Al Km 18+160 Sauce”**, mejorará la transitabilidad de los vehículos?

2.2 Objetivos:

2.2.1 Objetivo General

El objetivo del proyecto de tesis es realizar, El diseño geométrico y drenaje del camino vecinal división carretera Arq. Fernando Belaunde Terry Km 656+000 al Km 18+160 Sauce, provincia y región de San Martín.

2.2.2 Objetivos específicos

1. Realizar el levantamiento topográfico de la vía existente, que permita tener los datos del terreno.
2. Efectuar el Estudio de Tráfico, con el conteo de vehículos para el cálculo del IMD.
3. Plantear el Diseño Geométrico de Carretera.

Trazado de los alineamientos horizontales y verticales.

Diseño de las Curvas Horizontales y Verticales

Trazado de la rasante y terreno de fundación con el control de pendientes.

4. Realizar estudio hidrológico y drenaje, para dar el tratamiento y manejo de las aguas pluviales y causas naturales.

2.3 Justificación de la investigación

Este trabajo de plantea para servir como una propuesta de diseño geométrico y drenaje en la carretera hacia el Distrito de Sauce e interconectar la localidad y sus caseríos hacia la red vial nacional carretera PE- 5N Arq. Fernando Belaunde Terry. Distrito que se caracterizan por ser principalmente turístico además de ser considerado una zona cacaoteras, cafetera, arroceras y ganaderas. Que aunque tienen notable atractivo turístico y producción agrícola y acuífera, tienen dificultades de acceso para sacar su producción debido al las dificultades que presenta la geometría de la carretera.

Se puede realizar la valorización de los beneficios del proyecto:

Valorización económica de tiempo de ahorro de pasajeros.

Ahorro de costo de operación vehicular – COV.

Ahorro de costos de mantenimiento y reparación vehicular.

Incremento en la frontera de la actividad turística y productividad de los cultivos agrícolas.

Mayor oferta de transitabilidad y acceso de los turistas e inversionistas así como a las comunidades y mercados.

Incentivo de las actividades agrícolas y pecuarias.

El medio de fortalecimiento de las condiciones para hacer dinámico el desarrollo socio – económico de la población involucrada en el proyecto es el diseño geométrico de la carretera.

Se resume, y puntualiza este trabajo tiene la siguiente justificación:

- a) **Justificación teórica o temática**, porque se presentará un trabajo teniendo como base las teorías actuales de diseño en carreteras, y lo más apropiado a la realidad del medio.
- b) **Justificación metodológica**, porque aportará y se presentará alternativas de un adecuado diseño que de solución a la referente realidad geográfica de la zona.
- c) **Justificación de viabilidad**, porque ayudará a la viabilidad del proyecto a su posterior ejecución y se tomará como antecedente para su construcción.
- d) **Justificación práctica**, porque permitirá desarrollar y realizar propuesta de diseño geométrico en carreteras, sistemas de drenaje, obras de arte, y conocer nuevos temas sobre mejoramiento en carreteras.

Remarcando la importancia en lo metodológico y viabilidad, al proponer alternativas de diseños; buscando la optimización como en todo proyecto con la finalidad reducir costos de construcción, operación y mantenimiento.

2.4 Delimitación de la investigación

La presente trabajo se enmarca exclusivamente a realizar el diseño geométrico y drenaje de la carretera vecinal indicada, según corresponde. Cabe indicar que el trabajo presentado es parte del estudio definitivo en la ejecución de una carretera al nivel de pavimentado (Flexible).

Se toma el presente estudio planteado como parte importante en la mejora y transitabilidad y conservación de una carretera, con o sin carpeta de rodadura de pavimento flexible.

2.5 Marco teórico:

2.5.1 Antecedentes de la investigación

Para la elaboración del presente proyecto se ha revisado material bibliográfico y trabajos anteriores, que nos permite tomar nota de antecedentes y resultados, que deben considerarse para los fines más convenientes, siendo como sigue:

1. Santos Trigos Ruy Enrique, En su trabajo de tesis, “Diseño geométrico y de la alcantarilla de la carretera Shamboyacu – Lejía – provincia de Picota” menciona las siguientes conclusiones:

El diseño de una carretera no es solamente diseñar las dimensiones de los diferentes componentes geométricos, sino que involucra el diseño del pavimento y el diseño del sistema de drenaje.

De acuerdo a las pruebas de Razón de Soporte California (C.B.R) o Capacidad Portante del Terreno de Fundación encontramos que el valor mínimo es de 8.2 y el máximo 32.0

2. Villegas Torres Johnny Gustavo y Salas Palacios Jhonny, En su trabajo de tesis “Diseño geométrico y de pavimentos de la carretera Ledoy – Bellavista”, concluye que:

Para elaborar un proyecto de carretera es necesario tener bastante claro los conceptos de la Normas de Diseño Geométrico, ya que esto garantizará un funcionamiento óptimo de la vía.

Los radios se han adoptado en función a la velocidad directriz y las condiciones topográficas del terreno, siendo necesario adoptar radios con longitudes iguales al mínimo excepcional.

3. Ruiz Paredes Warner, en su trabajo de tesis “Diseño geométrico y de pavimento del camino vecinal Santa Rosa Nueva Chanchamayo, provincia de Bellavista – región de San Martín” concluye lo siguiente:

La presente propuesta de diseño para la construcción de la carretera, cumple los principales objetivos de todo proyecto: seguridad, economía y estética.

La construcción y posterior funcionamiento de la carretera incrementará el potencial turístico y mejorará los servicios de los pueblos aledaños.

4. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) Presenta en diciembre del 2013 el Manual de Carreteras “*Diseño Geométrico*” (DG-2013) versión actualizada de DG-2001, y este último está organizado en capítulos, secciones, tópicos, artículos y acápites, es un documento normativo que organiza y recopila las técnica y procedimientos para el Diseño Vial, en función a su concepción y desarrollo, y acorde a determinados parámetros. Abarca la información necesaria y los diferentes procedimientos, para la elaboración del diseño geométrico de los proyectos, de acuerdo a su categoría y nivel de servicio,

en concordancia con las demás normativas vigentes sobre la gestión de la infraestructura vial.

5. USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana) Presenta en noviembre del 2002 el *“Manual Centroamericano para diseño de Pavimentos”*, Menciona los procedimientos de diseño, la estructura de un pavimento es considerado como un *“sistema de capas múltiples y los materiales de cada una de las capas se caracterizan por su propio Módulo de Elasticidad”*.

Y la evaluación de Transito está dada por la repetición de una carga en un eje simple de 80 KN (18,000 lb) aplicada al pavimento en un conjunto de dos juegos de llantas doble. Para propósitos de análisis estas dobles llantas equivalen a dos platos circulares con un radio de 115 mm o 4.52” espaciados 345 mm o 13.57” centro a centro, correspondiéndole 80 KN o 18,000 lb de carga al eje y 483 kpa o 70 PSI de presión de contacto sobre la superficie.

6. SIECA, Secretaría de Integración Económica Centroamericana, suscribió el convenio USAID la N° 596-0181.20 por medio del cual la referida Agencia de Cooperaciones del Gobierno de los Estados Unidos de América, Puso a disposición de la Secretaría los recursos financieros la *“Norma Para El Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales”*, El día 30 de setiembre de 1999, , necesarios para implementar un proyecto de modernización y armonización de normas técnicas aplicables a las carreteras y el transporte por carreteras dentro la región Centroamericana.

7. Manual de Diseño de Carretera No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito, MTC, señala que la norma es brindar a la comunidad técnica nacional un manual de alcance amplio, pero de uso simple que proporcione criterios técnicos sólidos y coherentes para posibilitar el diseño y construcción de carreteras eficientes, optimizadas en costo. De manera que las limitaciones económicas de sector Público, no sea un obstáculo para lograr mejorar y ampliar la red de carreteras.

2.5.2 Fundamento teórico

2.5.2.2 Clasificación de vía

2.5.2.2.1 Según su función

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en el *Manual para el Diseño de Carretera No Pavimentos de Bajo Volumen de Transito*, vías que conforman el mayor porcentaje del Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), establece que “por su función las carreteras se clasifican en:

- a. Carreteras de la Red Vial Nacional
- b. Carreteras de la Red Vial Departamental o Regional
- c. Carretera de la Red Vial Vecinal o Rural

2.5.2.2.2 Según la demanda

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) En el Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” (DG-2013), Indica que las carreteras del Perú se Clasificación por Demanda en:

Autopistas de Primera Clase; con IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6000 veh/día.

Autopistas de Segunda Clase; con IMDA entre 6000 veh/día y 4001 veh/día.

Carretera de Primera Clase; con IMDA entre 4000 veh/día y 2001 veh/día.

Carretera de Segunda Clase; con IMDA entre 2000 veh/día y 400 veh/día.

Carretera de Tercera Clase; con IMDA menores a 400 veh/día.

Trocha Carrozables; Son Vías Transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carreteras, que por lo general tiene un IMDA menor a 200 veh/día.

2.5.2.2.3 Según la orografía

En el mismo Manual de Carreteras “Diseño Geométrico” (DG-2013) en función a la orografía predominante del terreno por donde discurre su trazado, se clasifican en:

Terreno Plano (Tipo 1), con pendientes transversales menores o iguales al 10% y pendientes longitudinales menores de 3%.

Terreno ondulado (Tipo 2), con pendientes transversales entre 11% y 50% y pendientes longitudinales entre 3% y 6%.

Terreno accidentado (Tipo 3), *con pendientes transversales entre 51% y 100% y pendientes longitudinales entre 6% y 8%.*

Terreno escarpado (Tipo 4), *con pendientes transversales superiores al 100% y pendientes longitudinales superiores al 8%*

2.5.2.3 Diseño geométrico

2.5.2.3.1 Velocidad directriz

Es la velocidad escogida para el diseño y será la máxima velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

El manual de carretera “Diseño Geométrico” (DG-2013) define como la velocidad escogida, entendiéndose que será la máxima que se podrá mantener con seguridad y comunidad, sobre una sección determinada de carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Variación de la Velocidad Directriz: Los cambios repentinos de la velocidad de diseño a lo largo de una carretera deberán ser evitados. La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos contiguos, estos se efectuarán en incrementos o decrementos de 20 km/h, sin embargo debido al cambio de tipo terreno en un corto sector de ruta, es necesario establecer un tramo con longitud menor a lo especificada donde la diferencia de velocidad de diseño en tramos adyacentes no debería ser mayor a 10 km/h.

2.5.2.3.2 Distancia de visibilidad

El manual de carretera “Diseño Geométrico” (DG-2013) lo define como *Longitud continua hacia delante de la carretera, que es visible al conductor del vehículo para poder ejecutar con seguridad las diversas maniobras a que se vea obligado o que decide efectuar.* Para efectos de diseño se consideran los tipos de distancia de visibilidad.

Visibilidad de Parada.

Visibilidad de paso o adelantamiento.

Distancia de visibilidad de parada

Longitud mínima requerida para que se detenga un vehículo que viaja a la velocidad de diseño, antes de que alcance un objetivo inmovil que se encuentra

en su trayectoria, el manual de diseño de carreteras no pavimentadas dan los valores de la Distancia de Parada en la tabla 3.

La distancia de visibilidad deberá ser por lo menos dos veces la correspondencia a la visibilidad de paradada.

Distancia de visibilidad de adelantamiento

Es la mínima distancia que debe ser visible para facultar al conductor del vehículo a sobrepasar a otro que viaja a una velocidad menor, con comunidad y seguridad, sin causar alteración en la velocidad en un tercer vehículo que viaja en sentido contrario. Dichas condiciones de comunidad y seguridad, se dan cuando la diferencia de velocidad entre vehículos que se desplazan en el mismo sentido es de 15 km/h, esto debe considerarse únicamente para las carreteras de dos carriles con tránsito en las dos direcciones. (Tabla 3 DVA)

2.5.2.3.3 Alineamiento horizontal

Homogenidad del trazado

Los manuales peruanas de diseño geométrico de carreteras establecen que deberá evitarse pasar bruscamente de una zona de curvas de gran radio a otras de radios marcadamente menores. Deberá pasarse de forma gradual, intercalando entre una y otras curvas de radio de valor decreciente antes de alcanzar el radio mínimo. También deberá evitarse ángulos pequeños de deflexión; así mismo deden evitarse tramos con alineamientos rectos demaciados largos, tales tramos son monótomos durante el día, y en la noche aumentan el peligro de deslumbramiento de las luces de los vehículos que avanza en sentido opuesto.

Tabla 2

Ángulos de deflexión máxima para los que no se requiere curva horizontal

Velocidad de Diseño	Deflexión Máximos Aceptables Sin Curva Circular
Km/h	Km/h
30	2° 30´
40	2° 15´
50	1° 50´
60	1° 30´

Fuente: MTC, Diseño de Carreteras No Pavimentadas.

Para evitar la aparariencia de alineamiento quebrado o irregular, es deseable que, para angulos de deflexión mayores a los indicados en el cuadro 01, la longitud de la curva sea por lo menos de 150 m. Si la velocidad de diseño es menor a 50 km/h y el ángulo de deflexión es mayor a 5° , se considera como longitud de curva mínima deseada ($L=3V$, L = Longitud de Curva en metros, V = Velocidad en Km/h)

2.5.2.3.4 Curva horizontal

Elementos de curva horizontal

Según el manual de carreteras “Diseño Geométrico” (DG-2013) que denomina similarmente las curvas circulares horizontales como; “*Curvas simples con arcos de circunferencia de un solo radio que une dos tangentes consecutivas, conformando la proyección horizontal de las curvas reales o espaciales*”.

Y indica los elementos de una curva circular:

- P.C. : Punto Inicial de la Curva.
- P.I. : Punto de Intersección de 2 alineamientos consecutivos.
- P.T. : Punto de Tangencia E
- : Distancia a externa (m)
- M : Distancia de la ordenada media (m)
- R : Longitud de radio de la curva (m)
- T : Longitud de sub tangente (P.C a P.I. y P.I. a P.T.) (m)
- L : Longitud de la Curva (m)
- L.C : Longitud de la Cuerda (m)
- Δ : Angulo de deflexión ($^\circ$)
- P : Peralte; valor máximo de la inclinación transversal de la calzada, asociado al diseño de la curva (%)
- Sa : Sobre ancho que pueden requerir las curvas para compensar el aumento de espacio lateral que experimentan los vehículos al describir la curva (m).

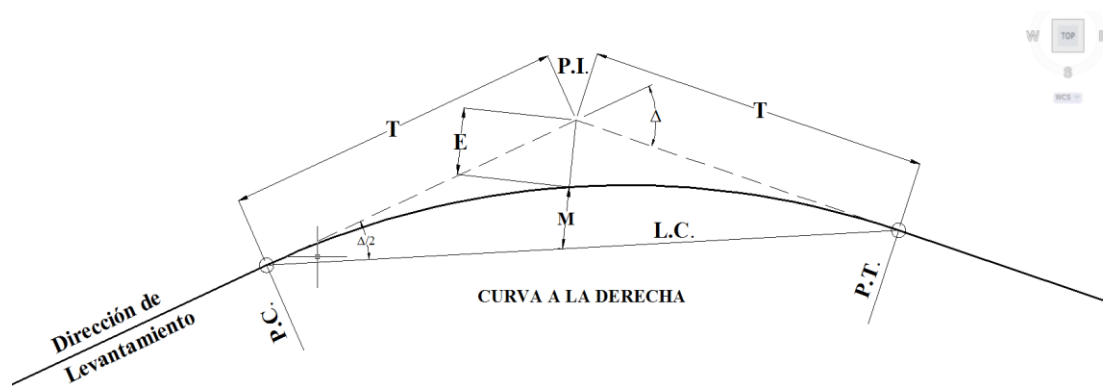


Figura 3: Simbología de la curva circular

Radio de diseño.

El radio de una curva horizontal, es función de la velocidad directriz y del peralte, dichos radios se calculan mediante las siguientes fórmulas.

$$R = \frac{V^2}{128(P+f)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

V= Velocidad Directriz (km/h)

P= Peralte máximo en centésimas

f= Coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción está dado por:

$$f = \frac{V^2}{1.4V^{1/3}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

Los valores de los radios mínimos a emplearse se especifican en la tabla 4.

Peralte.

El manual para Diseño de Carretera No pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito (MTC), denomina peralte a la “*Sobre elevación de la parte exterior de un tramo de la carretera en curva con relación a la parte interior del mismo con el fin de contrarrestar la acción de la fuerza centrífuga*”. Se tendrá como valor máximo el peralte de 8% y como valor excepcional 10%.

Menciona que el mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción para una velocidad directriz determinada.

Tabla 3*Radio mínimos y peraltes máximos*

Velocidad directriz (Km/h)	Peralte máximo e(%)	Valor límite de fricción f max	Calculo radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.7	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82	80
60	8.0	0.15	134.9	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente: MTC, Diseño de Carreteras No Pavimentadas

Para el caso de la variación de la inclinación de la sección transversal desde la sección con bombeo normal en el tramo recto hasta la sección con peralte pleno, el manual de diseño de carreteras no pavimentadas lo denomina un longitud de vía en transición. La longitud de transición del bombeo en aquella en la que gradualmente, se desvanece el bombeo adverso.

Longitud de transición de peralte

Aquella longitud en la que la inclinación de la sección gradualmente varía desde el punto en que se ha desvanecido totalmente el bombeo adverso hasta que la inclinación corresponda a la del peralte.

Cuando el radio de las curvas horizontales sea inferior al señalado en la tabla 3, se usarán curvas de transición.

Tabla 4

Necesidad de curvas de transición

Velocidad directriz	Radio
Km/h	m
20	24
30	55
40	95
50	150
60	210

Fuente: MTC, Diseño de Carreteras No Pavimentadas

Cuando se use curva de transición, la longitud de la curva de transición no será menor que L_{min} ni mayor que L_{max} , según las siguientes expresiones:

$$L_{min.} = \frac{0.0178 V^3}{R}$$

$$L_{máx.} = (24R)^{0.5}$$

R = Radio de la curvatura

L_{min} = Longitud mínima de la curva de transición

L_{max} = Longitud máxima de la curva de transición en metros

V = Velocidad Directriz en km/h

Sobreancho de la calzada en curvas circulares

Cuando un vehículo se desplaza a lo largo de una curva, ocupa un ancho mayor que en tramos rectos, por lo que es necesario ampliar o ensanchar la faja de rodadura. Dichas variaciones son función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad directriz. Los valores del sobreancho se calculan utilizando la fórmula indicada en el ítem 302.09.03 del manual de diseño geométrico 2014, el cual indica que el sobreancho variará en función del tipo de vehículo, del radio de la curva y de la velocidad de diseño, calculado con la fórmula:

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Dónde:

- Sa : Sobreancho (m)
 N : Número de carriles
 R : Radio (m)
 L : Distancia entre eje posterior y parte frontal (m)
 V : Velocidad de diseño (km/h)

El valor del sobreancho encontrado mediante la formula anterior afectará solamente a la superficie de rodadura y seguirá la misma inclinación del peralte respectivo, permaneciendo inalteradas las dimensiones y la inclinación de las bermas. Su valor se adosará íntegramente a lado interior de las curvas, pues estas no están provistas de espirales de transición; su aplicación será gradual comenzando en el punto donde empieza la rampa de peralte, de modo que cuando llegue al PC de la curva tengamos el sobreancho adoptado, el cual seguirá uniforme hasta el PT y desde allí irá creciendo hasta perderse en la punta donde termina la rampa del peralte.

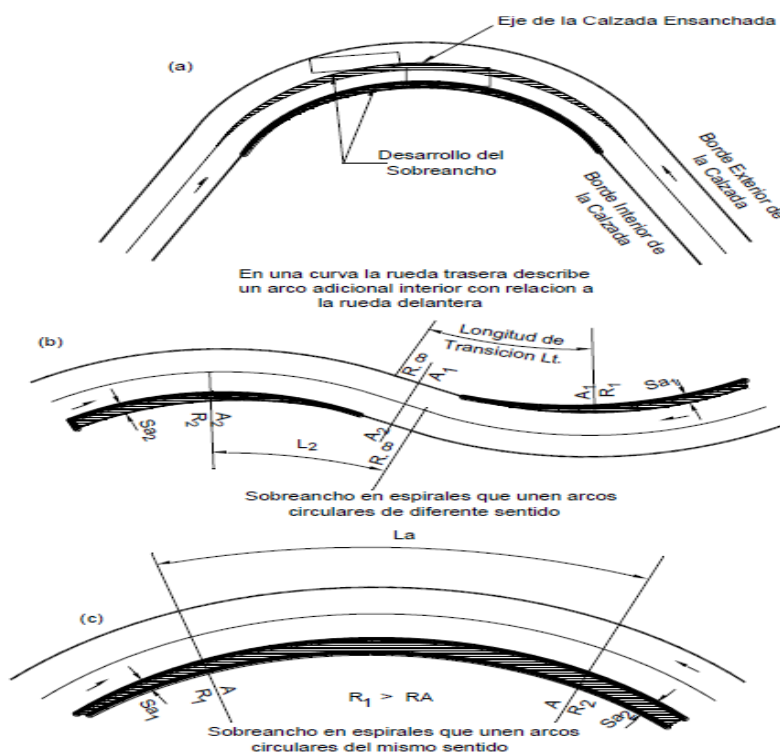


Figura 4: Sobreancho en los sectores de transición y circular

Banqueta de visibilidad

En la norma técnica peruana indica que cuando se tiene secciones en corte completo o a media ladera, de modo que el talud de corte está al interior de la curva, el conductor al reconocer la curva logra tener una visibilidad en radios que son cuerdas tangentes al talud de corte a la altura del operador, si aquella tangente no tiene la distancia aproximada para maniobrar cuando menos la parada, indiscutiblemente siempre existirá el riesgo de que el vehículo choque ante un objeto que está detenido en el carril de su trayectoria.

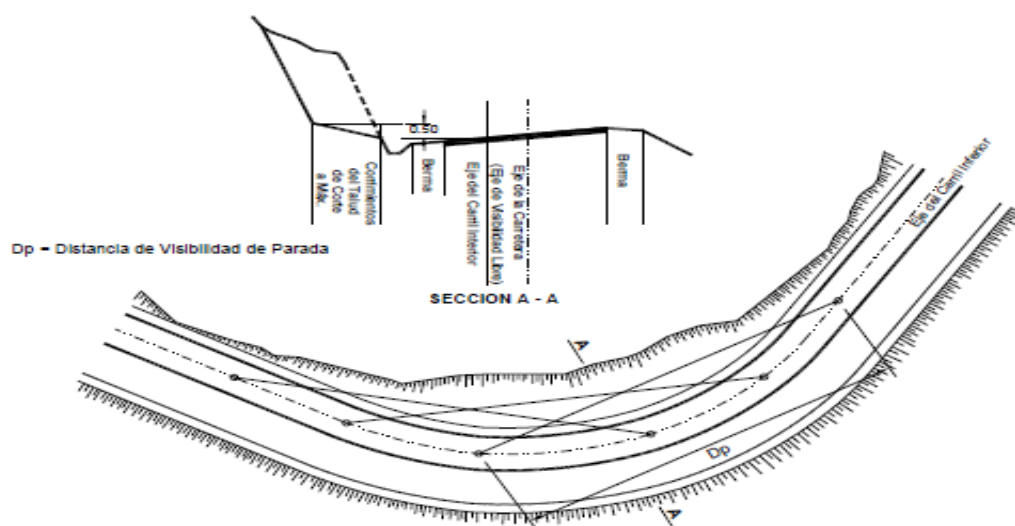


Figura 5: Visibilidad de Curva

2.5.2.3.5 Alineamiento vertical

El manual de diseño geométrico de carretera 2014 indica que es la constitución de una serie de rectas enlazadas por curvas verticales parabólicas, a las cuales dichas rectas son tangentes. El alineamiento vertical deberá permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, tratando de conservar la misma velocidad de diseño en la mayor longitud de carretera que sea posible.

Las curvas verticales entre dos pendientes sucesivas permiten lograr una transición paulatina entre pendientes de distintas magnitud y/o sentido, eliminando el quiebre de la razante. El adecuado diseño de ellas asegura las distancias de visibilidad requeridas por el proyecto.

Consideraciones de diseño

Por el tipo de terreno en que se diseña la carretera el manual de diseño de carretera aconseja tener en cuenta las siguientes consideraciones importantes:

En terrenos planos, por razones de drenaje, la rasante estará sobre el nivel del terreno.

En terrenos ondulados, por razones de economía, en lo posible la rasante seguirá las inflexiones del terreno.

En terreno accidentado, en lo posible la rasante deberá adaptarse al terreno, evitando los tramos en contrapendiente, para evitar alrgamientos innecesarios.

Es deseable lograr una rasante compuesta por pendientes moderadas que presenten variaciones graduales de los lineamientos, compatibles con la categoría de la carretera y la topografía del terreno.

Curvas verticales

El manual para diseño de carreteras no pavimentadas del MTC, manifiesta que para los tramos consecutivos de rasante serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia de sus pendientes sea mayor al 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas.

Para la determinación de la longitud de las curvas verticales se seleccionará el índice de curvatura K. La longitud de la curva vertical será igual a:

$$L = KA$$

Dónde:

L = Longitud de Curva vertical

K = Índice de curvatura

A = Diferencia algebraica de las pendientes

Las curvas verticales pueden ser:

Por su forma; cóncavas y convexas.

Por su longitud de sus ramales; simétricas y asimétricas

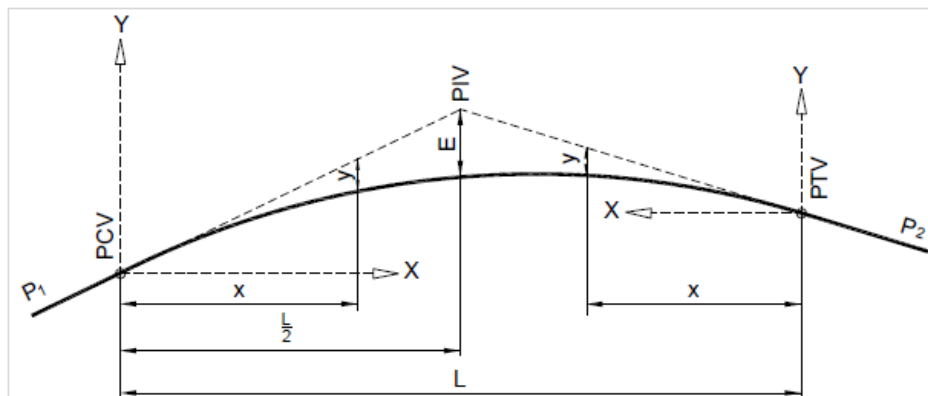


Figura 6: Elementos de la curva vertical simétrica

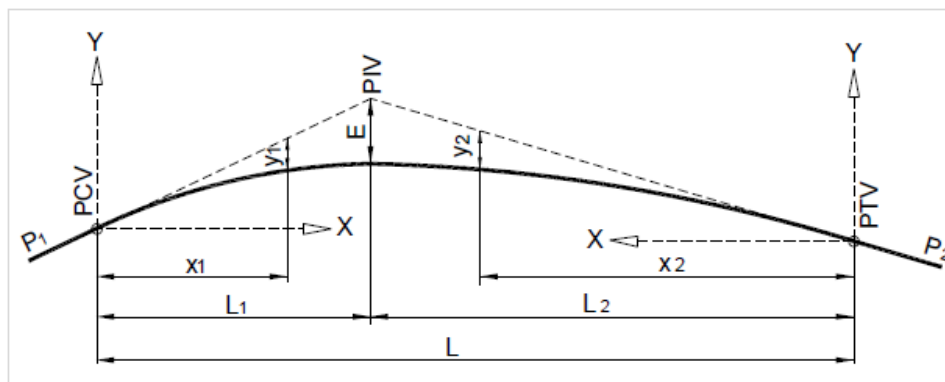


Figura 7: Elementos de la curva vertical asimétrica

Dónde:

PCV : Principio de la curva vertical

PIV : Punto de intersección de las tangentes verticales

PTV : Término de la curva vertical

L : Longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal, en metros (m)

S₁ : Pendiente de la tangente de entrada (%)

S₂ : Pendiente de la tangente de salida (%)

A : Diferencia algebraica de pendientes $A = |S_2 - S_1|$

Tabla 5

Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical convexa

Velocidad directriz Km/h	Longitud controlada por visibilidad de frenado		Longitud controlada por visibilidad de adelantamiento	
	Distancia de visibilidad de frenado m	Índice de curvatura K	Distancia de visibilidad de adelantamiento m	Índice de curvatura K
20	20	0.6	---	---
30	35	1.9	200	46
40	50	3.8	270	84
50	65	6.4	345	138
60	85	11	410	195

Fuente MTC: Manual para diseño de carreteras no pavimentadas

El índice de curvatura es la longitud (L) de la curva de las pendientes (A) $K = L/A$ por el porcentaje de diferencia algebraica.

Tabla 6*Índice K para el cálculo de la longitud de curva vertical concava*

Velocidad directriz km/h	Distancia de visibilidad de frenado m	Índice de curvatura K
20	20	2.1
30	35	5.1
40	50	8.5
50	65	12.2
60	85	17.3

Fuente MTC: Manual para diseño de carreteras no pavimentadas**Pendiente**

El manual de diseño de carreteras del MTC, consideran las pendientes máximas y mínimas dentro los siguientes parámetros:

- Pendiente mínima de 0.5 % a fin de asegurar en todo punto de la carretera un drenaje de las aguas superficiales.
- Pendiente máxima que están indicadas en la tabla 6, de acuerdo al tipo de carretera a construir. Para nuestro tipo de carretera tenemos:

Tabla 7*Pendientes máximas (%)*

Velocidad directriz Km/h	Carret. Segunda Clase 2000 - 400				Carret. Tercera Clase < 400			
	1	2	3	4	1	2	3	4
30							10.00	10.00
40				9.00	8.00	9.00	10.00	
50			8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	
60	6.00	7.00	8.00	9.00	8.00	8.00		
70	6.00	6.00	7.00		7.00	7.00		
80	6.00	6.00			7.00	7.00		
90	6.00				6.00	6.00		
100	6.00							

Fuente MTC: Manual de Diseño Geométrico de Carretera 2014.

Notas:

- a) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)

En manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito del MTC, recomienda que en el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m con pendiente no mayor de 2%.

También cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores al 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

De acuerdo al tipo de terreno en que se construye la carretera el manual de carreteras no pavimentadas indica las pendientes máximas en el cuadro 3.3.3.

2.5.2.3.6 Sección transversal

Diseño geométrico que consiste en la descripción de los elementos de la carretera en un plano de corte vertical normal al alineamiento horizontal.

Elementos de la sección transversal

Los elementos que conforman la sección transversal de la carretera son:

Carriles, calzada o superficie de rodadura, bermas, cunetas, taludes y elementos complementarios. Ver figura 6.

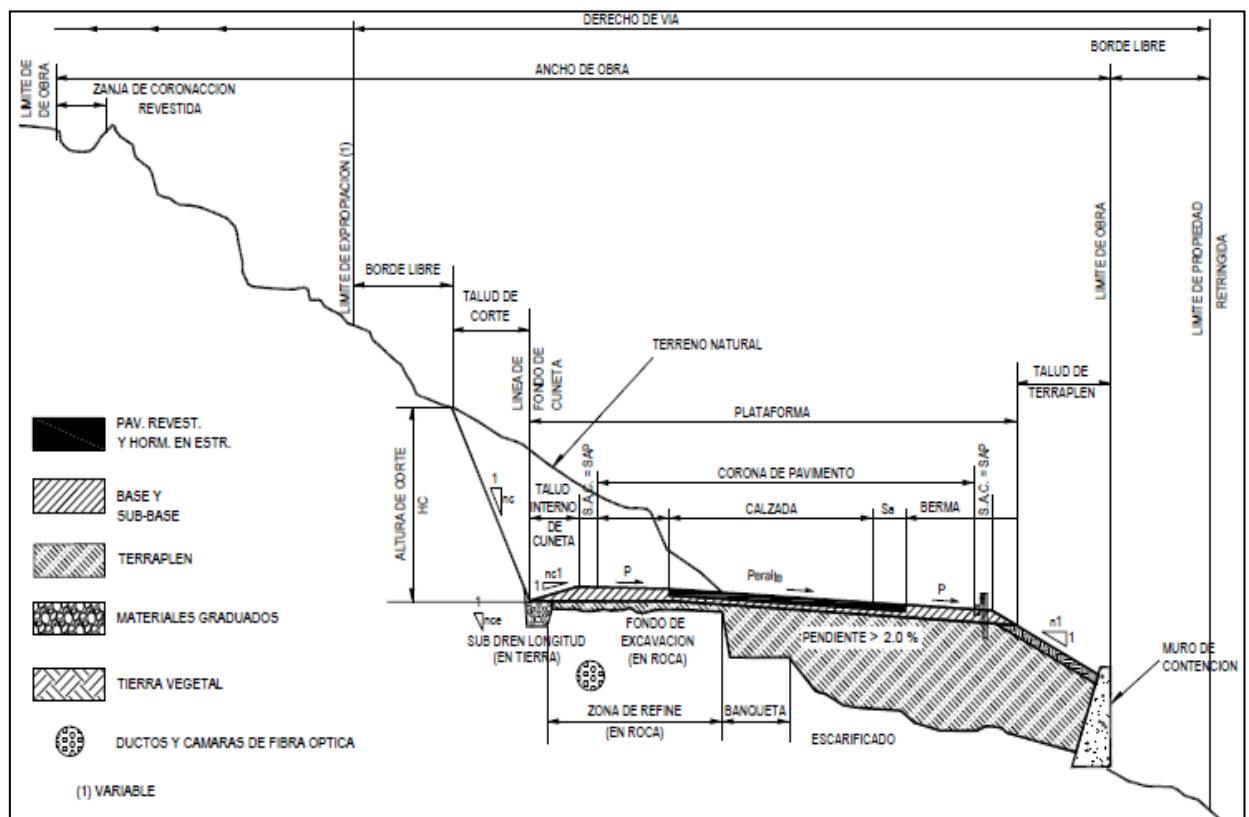


Figura 8 : Elementos de la curva vertical asimétrica

Calzada

Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, no incluye la berma. El manual de diseño geométrico del MTC, indica que el número de carriles es fijado de acuerdo a la demanda del tráfico,

acorde al IMDA de diseño, así como del nivel de servicio deseado. Los anchos de carril que se usen, serán de 3.00 m, 3.30 m y 3.60 m.

En la **Tabla 304.01**, el manual de diseño geométrico de carreteras indica los valores del ancho de calzada para diferentes velocidades de diseño con relación a la clasificación de la carretera.

Tabla 8

Ancho Mínimo de calzadas en tangentes

Velocidad directriz Km/h	Carret. Segunda Clase 2000 - 400				Carret. Tercera Clase < 400			
	1	2	3	4	1	2	3	4
30							6.00	6.00
40				6.60	6.60	6.60	6.00	
50	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60	6.00	
60	7.20	7.20	6.60	6.60	6.60	6.60		
70	7.20	7.20	6.60		6.60	6.60		
80	7.20	7.20			6.60	6.60		
90	7.20							
100	7.20							

Fuente MTC: Manual de Diseño Geométrico de Carretera 2014.

Notas:

- b) Orografía: Plano (1), Ondulado (2), Accidentado (3), y Escarpado (4)
- c) En carreteras de tercera clase, excepcionalmente podrán utilizarse calzadas de hasta 5.00 m, con el correspondiente sustento técnico y económico

Para el ancho de calzada en curvas se adicionará a los anchos de calzadas en tangentes indicadas en la **Cuadro 06**, el sobreancho correspondiente a las curvas.

Bermas

Son las franjas longitudinales, paralelas a las calzadas o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamientos de vehículos en caso de emergencia. Cualquiera sea la superficie de acabado de la berma, debe mantener el mismo nivel de inclinación (bombeo o peralte).

En la **Tabla 304.02**, del manual de diseño geométrico de carreteras establece el ancho de berma en función a la clasificación de la vía, velocidad de diseño y orografía que puede ser para nuestro caso como máximo 1.2 m o como mínimo 0.50m.

Bombeo

El manual de diseño de carretera establece que en tramos en tangentes o en curvas en contraperalte, las cazadas deben tener una inclinación transversal mínima denominada bombeo, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales. Para precipitaciones mayores a 500 mm/año, debe tener entre 2.5% a 4.00% de bombeo, dependiendo del tipo de superficie, según o detalla la **Tabla 304.03**, del manual de diseño de geométrico de carreteras.

Taludes

Los taludes para las secciones en corte o relleno varían de acuerdo a la estabilidad del terreno. Las alturas admisibles del talud y su inclinación se determina por medio de ensayos y cálculos del estudio de la mecánica de suelos o geológicos. Para casos generales la Norma peruana de diseño de carreteras indica:

Tabla 9

Taludes de Relleno

Materiales	Talud V:H
Enrocado	1:1
Terreno varios	1:1.5
Arena	1:2

Tabla 10

Taludes de corte

Materiales	Talud V:H
Roca Fija	10:1
Roca suelta	4:1
Conclomerado	3:1
Tierra	2:1
Compactada	1:1
Tierra suelta	1:2
Arena	1:2

2.5.2.4 Hidrología y drenaje

El sistema de drenaje de una carretera según indica el manual de diseño de carreteras no pavimentadas MTC, tiene esencialmente dos finalidades:

- a) Preservar la estabilidad de la superficie y del cuerpo de la plataforma de la carretera.

- b) Restituir las características de los sistemas de drenaje y/o de conducción de aguas, naturales del terreno o artificial, de estructuras, construidas previamente, que serían dañadas o modificadas por la construcción de carretera.

2.5.2.4.1 Estudio hidrológico

Trata temas relacionados a la metodología que permite estimar los caudales de diseño de las obras que constituyen el sistema de drenaje proyectado de la carretera (drenaje superficial y subterráneo)

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, indica los factores que inciden en el diseño de las obras de drenaje como los estudios hidrológico y geológico, estudios de campo que se deben efectuar, evaluación de la información hidrológica a realizar y la selección del periodo de retorno a tomar.

Periodo de Retorno (T)

La selección del caudal de diseño para el cual debe proyectarse un drenaje superficial, está relacionado con la probabilidad o riesgo que ese caudal sea excedido durante el periodo para el cual se diseña la carretera.

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, menciona que el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una crecida determinada es igualado o superada una vez cada “T” años, se le denomina Periodo de Retorno “T”.

El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n$$

Dónde:

R : Riesgo de falla Admisible

n : Vida Util

T : Periodo de Retorno

Si la obra tiene una vida útil de n años, fórmula anterior permite calcular el periodo de retorno T, fijando el riesgo de falla admisible R, (Ver figura 7)

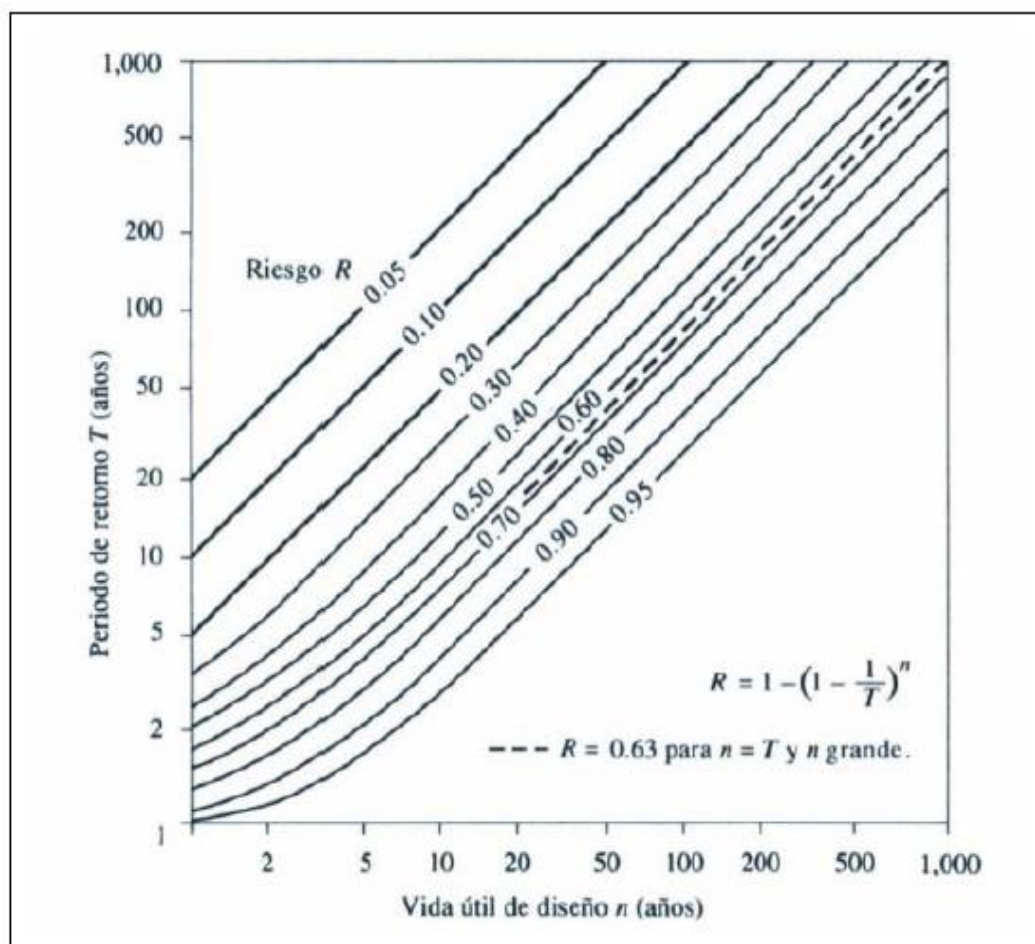


Figura 9: Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil

Fuente MTC: Hidrología, Hidráulica y Drenaje – Hidrología Aplicada (Ven te Chow)

Vida útil (n)

Se define como el tiempo ideal durante el cual las estructuras e instalaciones funcionan al 100% de eficiencia ya sea por su capacidad o por su resistencia; pasado dicho tiempo o periodo se debe realizar una ampliación o un nuevo diseño.

El manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, recomienda considerar la vida útil para obras de drenaje lo siguiente:

Puentes y Defensas Ribereñas $n = 40$ años.

Alcantarilla de quebradas importantes $n = 25$ años.

Alcantarilla de quebradas menores $n = 15$ años.

Drenaje de plataforma y Sub-drenes $n = 15$ años.

Tormenta de Diseño

Dentro los primeros pasos en muchos proyectos hidraulicos de diseño es la determinación del evento de lluvia a usar.

El manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, indica que las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación de una zona. Su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en alcantarillados de aguas lluvias y alcantarillas de carreteras.

Descarga de diseño (Q)

Es el valor máximo del caudal instantáneo que se espera pueda ocurrir con determinado periodo de recurrencia, durante los años de vida útil de un proyecto. Para determinar la escorrentía máxima en estructuras hidráulicas menores: alcantarillas, canales de desviación, acequias de infiltración, etc. El método más usado es el método racional.

Fórmula del método racional.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Dónde:

Q : Descarga de diseño (m)

C : Coeficiente de escorrentía superficial.

I : Máxima intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración (mm/h).

A : Area a drenar (Has)

Coeficiente de escorrentía (C)

Es la relación entre el agua que corre por la superficie del terreno y la total precipitada. Es difícil determinar con exactitud su valor, ya que varía según la topografía, la vegetación, la permeabilidad y la proporción de agua que el suelo contenga, también depende de la extensión de áreas pavimentadas y construidas.

Tabla 11

Coeficiente de escorrentía método racional

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada > 50 %	Alta > 20 %	Media > 5 %	Suave > 1 %	Despreciable < 1 %
	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60

Sin vegetación	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Cultivos	Semipermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
Pastos vegetación ligera	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Hierba, grama	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Bosques, densa vegetación	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05

Fuente MTC: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje.

2.5.2.4.2 Drenaje

2.5.2.4.2.1 Drenaje superficial

Drenaje transversal de la carretera

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, recomienda que los estudios de drenaje deben iniciarse después de aprobado el proyecto de Diseño Geométrico, por lo que debe realizarse la inspección insitu del drenaje natural.

El drenaje transversal tiene como objetivo evacuar las aguas superficiales, el cual discurre por cauces naturales o artificiales, en forma permanente o transitoria. El elemento básico del drenaje transversal se denomina alcantarilla, considerada como una estructura menor, pero su importancia a lo largo de la carretera es significativa, por ello se debe tener especial atención a su diseño.

Las otras estructuras que forman parte del drenaje transversal es el badén y el puente, siendo este último de gran importancia.

Criterios funcionales

El manual de diseño de carreteras no pavimentadas indica que los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta criterios funcionales como, las soluciones técnicas disponibles, costos de construcción y mantenimiento, los daños que eventualmente producirían los caudales de agua del periodo de retorno. Al paso del caudal de diseño elegido de acuerdo al periodo de retorno y considerando el riesgo de obstrucción de los elementos del drenaje, tiene que considerarse la velocidad del agua que sea tal que no produzca daños por erosión

ni por sedimentación, el máximo nivel de la superficie del agua se mantenga un borde libre no menor de 0.10 m.

Alcantarillas

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, especifica que se llama alcantarilla a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que intercepte la carretera.

Los tipos de alcantarilla comunmente utilizadas en proyectos de carreteras en nuestro país son; marco de concreto (MC), tubería metálica corrugada (TMC), tubería de concreto y tubería de polietileno de alta densidad.

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es lo establecidos por la fórmula de Manning* para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad de flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$R = A/P$$

$$Q = VA$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s)

V : Velocidad media del flujo (m/s)

A : Área de la sección hidráulica (m²)

P : Perímetro Mojado

R : Radio Hidráulico (m)

S : Pendiente de fondo (m/m)

n : Coeficiente de Manning

* Actualmente existen modelos hidráulicos para el diseño de alcantarillas, desarrollados por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Programa de distribución gratuita de la siguiente página:
<http://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software.cfm>

Tabla 12*Valores del coeficiente de Manning*

		Tipo de canal	Mínimo	Normal	Máximo
CANALES REVESTIDOS	METAL	Acero Liso sin Pintar	0.011	0.012	0.014
		Acero Liso pintado	0.012	0.013	0.017
		Acero Corrugado	0.021	0.025	0.030
		Madera Sin Tratamiento	0.010	0.012	0.014
		Madera Tratada	0.011	0.012	0.015
	NO METALICO	Planchas	0.012	0.015	0.018
		Concreto afinado con plana	0.011	0.013	0.015
		Concreto con fondo de grava	0.015	0.017	0.020
		Concreto sin Afinar	0.014	0.017	0.020
		Albañilería piedra con Mortero	0.017	0.025	0.030
EXCAVADO		Albañilería piedra sola	0.023	0.032	0.035
	a. Tierra, recto y uniforme.				
		Nuevo	0.016	0.018	0.020
		Grava	0.022	0.025	0.030
		Con algo de Vegetación	0.022	0.027	0.033
	b. Tierra, sinuoso.				
		Sin vegetación	0.023	0.025	0.030
		Con Malezas y pasto	0.025	0.030	0.033
		Malezas tupida, plantas	0.030	0.035	0.040
		Fondo pedregoso - malesas	0.025	0.035	0.040
	c. Roca.				
		Suave y Uniforme	0.025	0.035	0.040
		Irregular	0.035	0.040	0.050
	d. Canales sin mantenció.				
		Maleza Tupida	0.050	0.080	0.120
		Fondo limpio, bordes con vegetación	0.040	0.050	0.080

Fuente: Manual de Hidrología y Drenaje MTC, Tabla N° 09.**Tabla 13***Velocidades máximas admisibles (m/s) en conductos revestidos*

Tipo de revestimiento	Velocidad (m/s)
Concreto	3.0 – 6.0
Ladrillo de Concreto	2.5 – 3.5
Manpostería de piedra y Concreto	2.0

Fuente: Hcanales, Máximo Villon B.

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, recomienda tener las siguientes consideraciones para el diseño:

- a. Materiales sólidos de arrastre
- b. Borde Libre (25% de altura en borde libre)
- c. Socavación Local a la salida de la alcantarilla
- d. Mantenimiento y limpieza
- e. Abrasión
- f. Corrosión
- g. Seguridad y vida útil

Badenes

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel del fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente.

Su cálculo hidráulico es la misma considerada para las alcantarillas (Fórmula de Mannig). Consideraciones a tener en cuenta en un Badén.

a. Material sólido de arrastre

El material de arrastre es un factor importante en el diseño del badén, recomendándose que no sobrepase el perímetro mojado contemplado y no afecte los lados adyacentes de la carretera.

Debido a que el material sólido de arrastre constituido por lodo, palizada u otros objetos flotantes, no es posible cuantificarlo, se debe recurrir a la experiencia del especialista, a la recopilación de antecedentes y al estudio integral de la cuenca, para lograr un diseño adecuado y eficaz.

b. Protección contra la socavación

Es importante que el badén proyectado cuente con obras de protección contra la socavación, a fin de evitar su colapso. Según se requiera, la protección debe realizarse tanto aguas arriba como aguas abajo de la estructura, mediante la colocación de enrocados, gaviones, pantallas de concreto u otro tipo de protección contra la socavación, en función al tipo de material que transporta el curso natural.

Asimismo, si el estudio lo amerita, con la finalidad de reducir la energía hidráulica del flujo a la entrada y salida del badén, se recomienda construir disipadores de energía, siempre y cuando estas estructuras no constituyan riesgos de represamientos u obstrucciones.

El diseño del badén también deberá contemplar uñas de cimentación tanto a la entrada como a la salida de la estructura, dichas uñas deberán desplantarse preferentemente sobre material resistente a procesos erosivos.

c. Pendiente longitudinal del badén

El diseño hidráulico del badén debe adoptar pendientes longitudinales de ingreso y salida de la estructura de tal manera que el paso de vehículos a través de él, sea de manera confortable y no implique dificultades para los conductores y daño a los vehículos.

d. Pendiente transversal del badén

Con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta curso natural, se recomienda dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo.

Se recomienda pendientes transversales para el badén entre 2 y 3%.

e. Borde libre

El diseño hidráulico del badén también debe contemplar mantener un borde libre mínimo entre el nivel del flujo máximo esperado y el nivel de la superficie de rodadura, a fin de evitar probables desbordes que afecten los lados adyacentes de la plataforma vial.

Generalmente, el borde libre se asume igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, sin embargo, se recomienda adoptar valores entre 0.30 y 0.50m.

Cunetas

Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir, ubicados a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial.

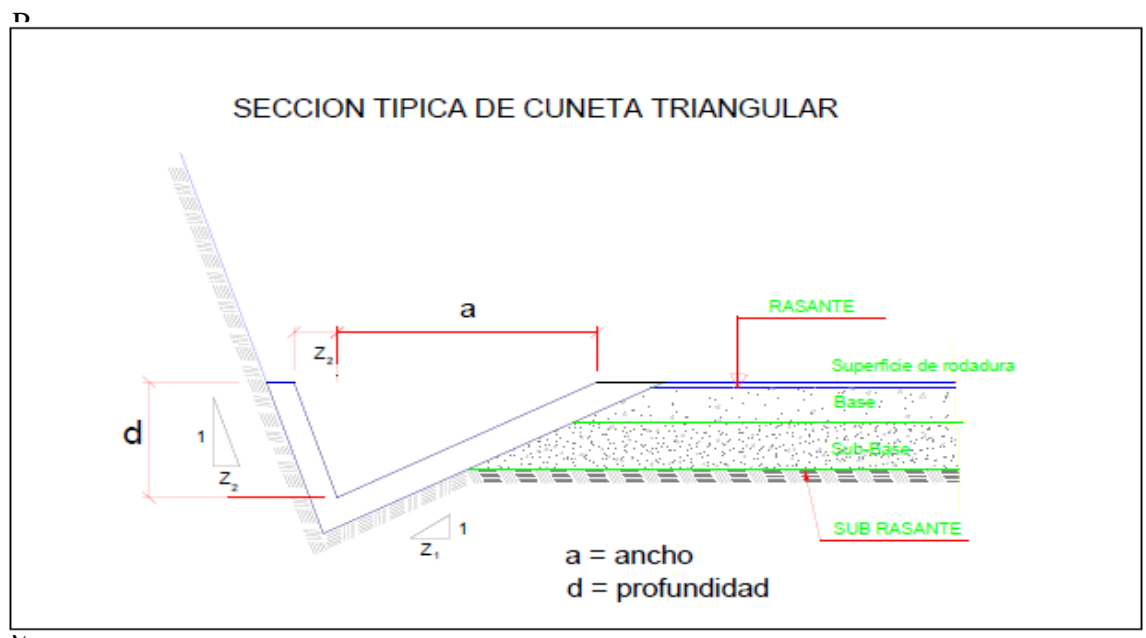


Figura 10: Sección típica de cuneta triangular

Diseño hidráulico de las cunetas se utiliza el principio del flujo en canales abiertos, usando la ecuación de Manning:

$$Q = A \times V = \frac{(A \times R^{2/3} \times S^{1/2})}{n}$$

Dónde:

- Q : Caudal (m³/s)
- V : Velocidad media del flujo (m/s)
- A : Área de la sección hidráulica (m²)
- P : Perímetro Mojado
- R : Radio Hidráulico (m), A/P
- S : Pendiente de fondo (m/m)
- n : Coeficiente de Manning

Los valores más usados del coeficiente de Manning (n), se presentan en la Tabla 13, de la presente tesis.

Tabla 14*Velocidades límites admisibles*

Tipo de superficie	Velocidad límites admisibles (m/s)
Arena fina o limo (Poco o ninguna arcilla)	0.20 – 0.60
Arena arcilla dura, margas duras	0.60 – 0.90
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60 – 1.20
Arcilla grava, pizarra blandas con cubierta vegetal	1.20 – 1.50
Hierba	1.20 – 1.80
Conglomerado, pizarras duras, rocas blandas	1.40 – 2.40
Mampostería, rocas duras	3.00 – 4.50*
Concreto	4.50 – 6.00*

*Para flujos de muy corta duración

Fuente: Manual de Diseño de Carretera Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito - MTC

Caudal de aporte: Es el caudal calculado en el área de aporte correspondiente a la longitud de la cuneta, se calcula:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3.6}$$

Dónde:

Q : Caudal (m³/s)

C : Coeficiente de escurrimiento de la cuenca

A : Área aportante en Km²

I : Intensidad de la lluvia de diseño en mm/h

Tabla 15*Dimensiones mínimas*

Región	Profundidad (D) (M)	Ancho (A) (M)
Seca (< 400 mm/año)	0.20	0.50
Lluvia (De 400 a < 1600 mm/año)	0.30	0.75
Muy lluviosa (De 1600 a < 3000 mm/año)	0.40	1.20
Muy lluviosa (> 3000 mm/año)	0.30*	1.20

Fuente: Manual de Diseño de Carretera Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito - MTC

Zanja de Coronación

Son canales que se construyen en la parte superior de los taludes de corte, para recoger las aguas que bajan por las pendientes naturales y conducir las hacia un cauce natural o descargar en la próxima zanja de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno.

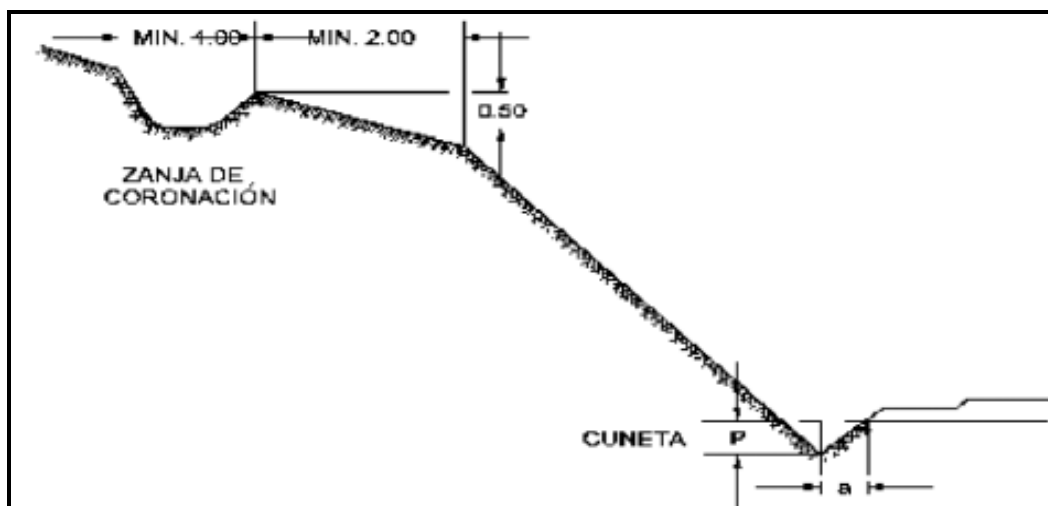


Figura 11: Detalle de zanja de coronación

El manual de hidrología, hidráulica y drenaje del MTC, recomienda cuando la pendiente es mayor del 2%, es necesario que el canal tenga recubrimiento de concreto simple o enrocado, teniendo en cuenta el área mojada y la rugosidad del canal.

Zanja de drenaje

Las zanjas de drenaje son canales que se construyen en la parte inferior de los taludes de relleno en forma longitudinal lateral o transversal al alineamiento de la carretera, para recoger las aguas que bajan por el talud y terrenos adyacentes para conducirlos hacia cauces naturales o descargar más próximo del sistema general de drenaje, evitando de este modo la erosión del terreno.

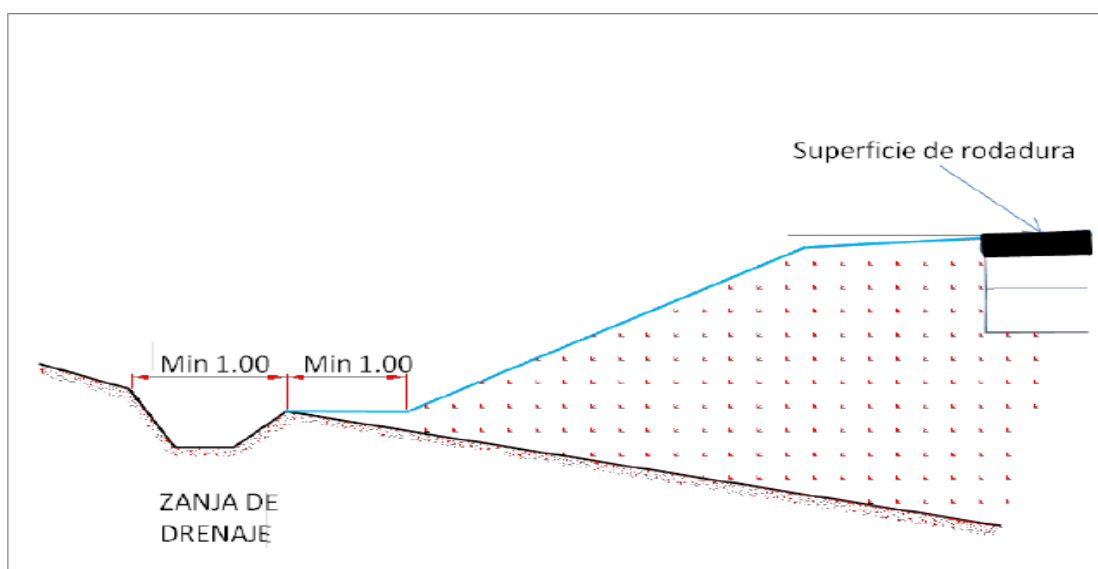


Figura 12: Detalle de zanja de drenaje

Bordillos

Los bordillos son elementos que interceptan y conducen el agua que por efecto del bombeo discurren sobre la plataforma de la carretera, descargándola mediante aliviaderos, en sitios adecuados para así evitar la erosión de los taludes que estén formados por material erosivo.

2.5.3 Marco conceptual: Terminología básica

- 1) **Afirmado:** Capa de material selecto procesado de acuerdo a diseño, que se coloca sobre la sub-rasante o sub-base de un pavimento. Funciona como capa de rodadura y de soporte al tráfico en vías no pavimentadas. Esta capa puede tener un tratamiento de estabilizador.
- 2) **Base:** Capa generalmente granular, aunque también podría ser de suelo estabilizado, de concreto asfáltico, o de concreto hidráulico. Su función principal es servir como elemento estructural de los pavimentos, aunque en algunos casos puede servir también como capa drenante.
- 3) **Berma:** Franja longitudinal, paralela y adyacente a la calzada o superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencias.
- 4) **Bombeo:** Es la convexidad dada a la sección transversal de una vía para facilitar el drenaje de las aguas superficiales.
- 5) **Calzada:** Zona de la carretera destinada a la circulación de vehículos, con ancho suficiente para acomodar un cierto número de carriles para el movimiento de los mismos, excluyendo los hombros laterales.
- 6) **Carretera, calle o camino:** Un calificativo general que designa una vía pública para fines de tránsito de vehículo, y que incluye la extensión total comprendida dentro del derecho del derecho de vía.
- 7) **Carril:** Parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos.
- 8) **Curva vertical:** Curva en elevación que enlaza dos rasantes con diferente pendiente.
- 9) **Deflexión:** El desplazamiento vertical temporal de un pavimento proveniente de la aplicación de cargas de la rueda de los vehículos.

- 10) **Diseño Geométrico:** Es el estudio geométrico de una carretera tomando como base el tráfico que soporta; el alineamiento de su eje, un conjunto de características técnicas y de seguridad que debe reunir para el tránsito vehicular y peatonal formando parte de una gestión inteligente.
- 11) **Drenaje:** Conjunto de obras que tienen como fin evacuar las aguas superficiales y subterráneas que afectan a una vía.
- 12) **Hidrología:** Ciencia que trata de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas en general.
- 13) **Índice medio diario (IMD):** Número promedio de vehículos medido en un período de 24 horas, del total de vehículos que pasan por una sección determinada de vía.
- 14) **Índice medio diario anual (IMDA):** El volumen de tránsito promedio ocurrido en un período de 24 horas promedio del año.
- 15) **Mejoramiento:** Ejecución de las actividades constructivas necesarias para dotar a una carretera existente, en bueno, regular o mal estado, de mejores condiciones físicas y operativas de las que disponía anteriormente, para ampliar su capacidad o simplemente ofrecer un mejor servicio al usuario.
- 16) **Pendiente:** Inclinación transversal de la plataforma en los tramos en curva.
- 17) **Sección transversal:** Corte ideal de la carretera por un plano vertical y normal a la proyección horizontal del eje, en un punto cualquiera del mismo.
- 18) **Tránsito:** Circulación de personal y vehículos por calles, carreteras, etc.

2.5.4 Marco histórico

El historial del siguiente proyecto de tesis desarrollado de acuerdo a los lineamientos de las normas peruanas para diseño de carreteras para la elaboración de un proyecto carretero ejecutado con el diseño geométrico, drenaje, señalización; con el fin de entender el comportamiento y funcionamiento de dicha obra de ingeniería.

El diseño geométrico de carreteras es la parte más importante del estudio para materializar la construcción de cualquier vía o carretera, no importa su magnitud ya que nos dará una idea concreta de los trabajos a realizar en nuestra carretera. Se debe tomar muy en cuenta el tipo de topografía del terreno porque de esta se determinará su funcionalidad, su costo, su seguridad y otros aspectos importantes

de ella; y aunque el diseño geométrico de la carretera sea de gran importancia, es indispensable realizar un adecuado manejo de las aguas superficiales y subterráneas, mediante los métodos y obras de artes convenientes para garantizar la vida útil de la vía.

2.6 Hipótesis a demostrar

La ejecución del Diseño Geométrico y Drenaje del Camino Vecinal de Acceso al Distrito de Sauce, de la división carretera Arq. Fernando Belaunde Terry Km 656+000 al Km 18+160, permitirá la mejor oferta para la transitabilidad de los vehículos y por lo tanto el fácil acceso al Distrito por los turistas y el desarrollo socioeconómico de la población.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales

Para el siguiente trabajo se ha utilizado:

Recursos humanos:

Asesor del proyecto de investigación.

Tesista o ejecutor del proyecto de investigación.

Co asesor del proyecto de investigación.

Colaboradores:

Municipalidad Distrital de Sauce.

Pobladores de la zona.

Recursos materiales:

Libreta de campo.

Lápiz HB.

Pintura.

Carta nacional (1/100000, 1/25000).

Papel bond A4 (80 g).

Útiles de dibujo

Recursos de equipos:

01 Estación Total

03 Prismas.

02 Radios de transmisión.

01 Wincha metálica de 5m.

01 Wincha de lona de 50 m.

Computadoras.

Impresoras.

Calculadora Científica.

Otros Recursos:

Transporte

Material Bibliográfico

Cámara Fotográfica

Material De Escritorio

Software De Cómputo: Microsoft Office Y Autocad

Internet (Buscadores De La Web)

Hardware: Computadora Portátil Intel Core I5

Impresora

Fotostáticas

Plotter

3.1.1 Recursos humanos

Para el presente trabajo de investigación se contó con la colaboración de:

- a) **El asesor:** Es el que orienta y coordina el desarrollo de la metodología de la investigación de este trabajo para llegar a los objetivos planteados.
- b) **El tesista o ejecutor del proyecto de investigación:** Es el encargado de desarrollar el trabajo de investigación manejando todos los procesos que intervienen en el desarrollo, coordinando constantemente con el asesor y el personal con quien trabaja para llegar a la conclusión de los objetivos trazados.
- c) **Colaboradores:**
 - Municipalidad Distrital de Sauce.
 - Autoridades de la zona en estudio.

3.1.2 Recursos materiales

- a) **tablas de conteo vehicular:** Se utilizó el modelo de tabla para el conteo de vehículos, indicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en el estudio de tráfico (IMD)
- b) **Libreta de campo:** Se utilizó este recurso para escribir y dibujar las observaciones hechas en campo, bosquejos, mapas o esquemas a mano alzada sobre la investigación en cuestión.
- c) **Lápiz HB:** Para hacer todas las anotaciones o dibujos observados en campo.
- d) **Pintura:** Para trazar los BMs para el replanteo del levantamiento topográfico.
- e) **Carta nacional:** Se hizo uso de la carta nacional para identificar las coordenadas y de esta manera ubicar al proyecto con respecto al sistema de coordenadas universal.

- f) **Mapa vial del departamento de San Martín:** Se tomó como referencia el mapa vial del departamento de San Martín, para la ubicación y la categorización de la vía, así como ver la conexión con la red vial nacional y/o departamental.

3.1.3 Recursos de equipos

- a) **01 Estación total:** Para el levantamiento topográfico del área donde se realiza el proyecto.
- b) **03 Prismas: Parte del equipo topográfico.**
- c) **02 Radios de transmisión:** Para la comunicación durante el levantamiento topográfico.
- d) **01 Wincha de lona de 50m:** Para medir las componentes de conducción.
- e) **Computadora:** Para la elaboración en gabinete del presente estudio.
- f) **Impresora:** Para la impresión de los documentos que conforman el presente estudio.
- g) **Calculadora científica:** Se usó la calculadora Científica para el proceso de cálculo

3.1.4 Otros recursos

En la elaboración del presente trabajo de investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos de gabinete:

- a) **Material Bibliográfico:** Libros de especialidad referente al tema y contemplado en el Marco Teórico.
- b) **Cámara fotográfica Canon**
- c) **Material de Escritorio:** CD-R, CD-RW, USB, tinta para impresora, lapiceros, lápices, papel A-4, etc.
- d) **Software de Cómputo:** Microsoft Office (Word, Excel, y Power Point), Autocad 2013
- e) **Internet:** En la Red se encontró información actualizada.
- f) **Hardware:** Computadora Toshiba Intel Core i5
- g) **Impresora:** Canon Pixma 220 series
- h) **Plotter:** HP 100 series.

3.2 Metodología:

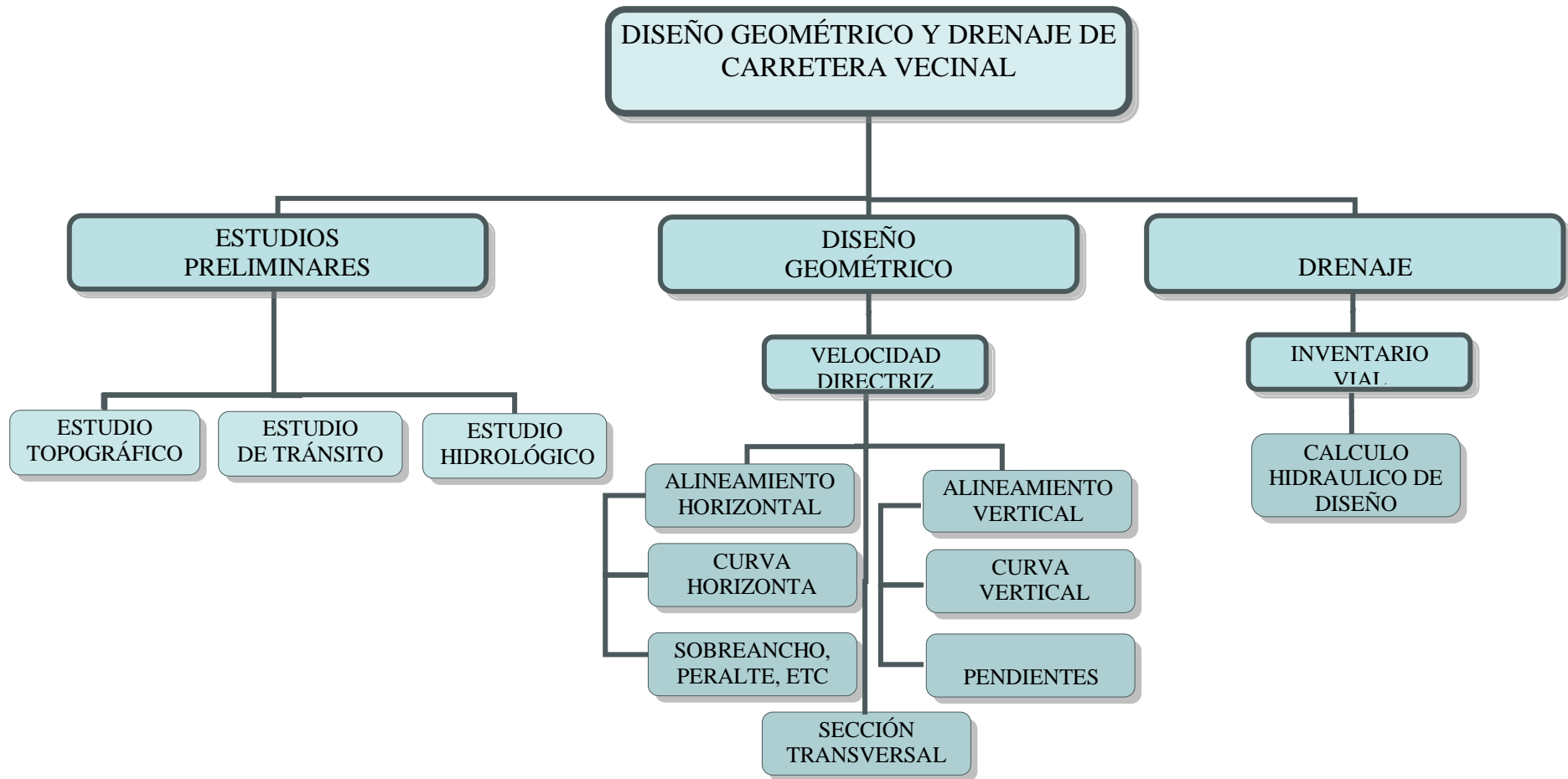


Figura 11: Esquema de metodología de trabajo

3.2.1 Universo, muestra, población

3.2.1.1 Universo.

Está conformada por las carreteras vecinales y/o locales que existen en la región de San Martín.

3.2.1.2 Muestra.

Se tomó como muestra la vía, carretera vecinal acceso al Distrito de Sauce desde el desvío de la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry Km 656+000 hasta Km 18+160 en el poblado de Sauce. En consecuencia, de la demanda creciente de transitabilidad de vehículos, y la necesidad de mejorar aspectos de diseño geométrico y drenaje en la vía, a raíz de tener una topografía y relieve de características onduladas y en sectores accidentadas.

3.2.1.3 Población.

Tiene que ver con el tamaño del Universo y la población vendría corresponder las vías vecinales con deficiencias en el diseño geométrico y el drenaje dentro la provincia de San Martín.

3.2.2 Sistema de variables

3.2.2.1 Variable independiente.

Comprende a los estudios a realizar:

Estudio socioeconómico.

Estudio de tráfico IMD.

Estudio Topográfico.

Estudio Hidrológico.

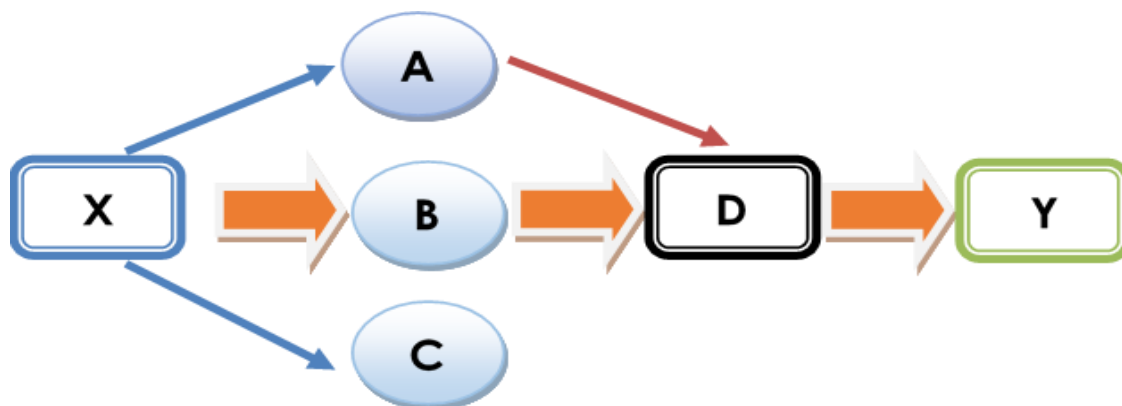
3.2.2.2 Variable dependiente.

Diseño Geométrico y Drenaje, llevados a cabo con el desarrollo de los estudios previos y el trabajo siguiente de diseño y cálculos.

3.2.2.3 Variables intervinientes

3.2.3 Diseño experimental de la investigación

La presente investigación se realizará en Gabinete y en campo.



El diseño de investigación es el siguiente:

X: Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

A: Trabajo en Campo y estudios previos de ingeniería: Recolección de datos topográficos, estudio de tráfico, estudio hidrológico.

B: Recopilación de referencia bibliográfica y documentos afines al tema, toma de material bibliográfico de antecedentes de proyectos anteriores a la vía.

C: Trabajo de gabinete: Procesamiento de datos de campo, Diseño geométrico en planta, Diseño geométrico en perfil, Drenaje.

D: Representación y Diseño geométrico de la carretera 18 + 160 km.

Y: Resultado del proyecto que presenta las conclusiones del diseño geométrico de la carretera y la validación de la hipótesis enunciada. Como resultado de esto la mejor oferta en aportar a mejorar la transitabilidad de los vehículos hacia el Distrito de Sauce.

3.2.4 Diseño de instrumentos

3.2.4.1 Ámbito geográfico

Comprende la jurisdicción de territorio geográfico del Distrito de Sauce, en la provincia y región de San Martín, sobre la carretera vecinal desde el desvío de la carretera Arq. Fernando Belaunde Terry (PN – 5N) Km 656+000, al Km 18+160 en el poblado de Sauce.

3.2.4.2 Fuentes técnicas e instrumentos de selección de datos

Se contará con las siguientes fuentes e instrumentos de selección de datos:

Asesoramiento Profesional.

Información de Bibliográfica.

Mapas Viales

Trabajo de Campo e Inspección Visual.

Perfil Técnico del Proyecto “Mejoramiento de la Carretera Vecinal Empalme Carretera Fernando Belaunde Terry – Utcucarca – Machungo - Sauce, Provincia de San Martín – San Martín”

3.2.4.3 Técnicas estadísticas

Se plantea una investigación del tipo Descriptiva- Aplicativa

a) Diseño descriptivo - aplicativo:

Se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad.

No hay manipulación de variables, estas se observan y se describen tal como se presentan en su ambiente natural. Su metodología es fundamentalmente descriptiva, aunque puede valerse de algunos elementos cuantitativos y cualitativos.

Objetivo:

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Etapas:

1. Examinan las características del problema escogido.
2. Lo definen y formulan sus hipótesis.
3. Enuncian los supuestos en que se basan las hipótesis y los procesos adoptados.

4. Eligen los temas y las fuentes apropiados.
5. Seleccionan o elaboran técnicas para la recolección de datos.
6. Establecen, a fin de clasificar los datos, categorías precisas, que se adecuen al propósito del estudio y permitan poner de manifiesto las semejanzas, diferencias y relaciones significativas.
7. Verifican la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos.
8. Realizan observaciones objetivas y exactas.
9. Describen, analizan e interpretan los datos obtenidos, en términos claros y precisos.

Recolección de datos:

En el informe de la investigación se señalan los datos obtenidos y la naturaleza exacta de la población de donde fueron extraídos. La población a veces llamada universo o agregado constituye siempre una totalidad. Las unidades que la integran pueden ser individuos, hechos o elementos de otra índole. Una vez identificada la población con la que se trabajará, entonces se decide si se recogerán datos de la población total o de una muestra representativa de ella. El método elegido dependerá de la naturaleza del problema y de la finalidad para la que se desee utilizar los datos.

Población total:

Muchas veces no es difícil obtener información acerca de todas las unidades que componen una población reducida, pero los resultados no pueden aplicarse a ningún otro grupo que no sea el estudiado.

Muestra de la población:

Cuando se trata de una población excesivamente amplia se recoge la información a partir de unas pocas unidades cuidadosamente seleccionadas, ya que si se aborda cada grupo, los datos perderían vigencia antes de concluir el estudio. Si los elementos de la muestra representan las características de la población, las generalizaciones basadas en los datos obtenidos pueden aplicarse a todo el grupo.

Expresión de datos:

Los datos descriptivos se expresan en términos cualitativos y cuantitativos. Se puede utilizar uno de ellos o ambos a la vez.

Cualitativos (mediante símbolos verbales): Se usan en estudios cuyo objetivo es examinar la naturaleza general de los fenómenos. Los estudios cualitativos proporcionan una gran cantidad de información valiosa, pero poseen un limitado grado de precisión, porque emplean términos cuyo significado varía para las diferentes personas, épocas y contextos. Los estudios cualitativos contribuyen a identificar los factores importantes que deben ser medidos. (Visión cientificista).

Cuantitativos (por medio de símbolos matemáticos): Los símbolos numéricos que se utilizan para la exposición de los datos provienen de un cálculo o medición. Se pueden medir las diferentes unidades, elementos o categorías identificables.

b) Diseño experimental

El **diseño experimental** es una técnica estadística que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un estudio experimental. En un diseño experimental se manipulan deliberadamente una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas qué variables hay que manipular, de qué manera, cuántas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido la necesidad de una presunta relación de causa-efecto.

El diseño experimental encuentra aplicaciones en la industria, la agricultura, la mercadotecnia, la medicina, la ecología, las ciencias de la conducta, etc. constituyendo una fase esencial en el desarrollo de un estudio experimental.

Es una prueba o un conjunto de pruebas durante el cual se realizan cambios sistemáticos y controlados a las variables de entrada para medir el efecto sobre la variable de salida óptima.

3.2.5 Procesamiento de información

Como en todo proyecto la adquisición de información bibliográfica es indispensable, sobre los autores que indican del tema y los manuales que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones nos pone a disposición, como guía para desarrollar proyectos enmarcados al tema como es “Diseño Geométrico y Drenaje”. Sobre ello se tomó las pautas y las recomendaciones sobre el tema, llevando a ejecutar y poner en práctica los conocimientos adquiridos en nuestro centro Universitario.

Se inició dentro los trabajos de campo con el levantamiento topográfico, que por su puesto se tubo la ayuda de el perfil técnico facilitado por la Municipalidad Distrital de Sauce, como guía en el tramo y trabajos de replanteo. Con este trabajo se recopiló la información del trazo y las pendientes del estado actual de la carretera, para luego de procesar la información se obtenga las curvas de nivel, además de tener las alturas de los taludes, ancho de vía y el dibujo real de la vía en su estado actual.

Se realizó también como trabajo de campo el conteo de vehículos para determinar el IMD, (índice Medio Diario) con los formatos indicados en los manuales del MTC, y los tipos de vehículos de acuerdo a su uso y número de ejes, esto con la finalidad de poder calcular la proyección de vehículos y categorizar el tipo de vía de acuerdo a su demanda.

También se identificó las alcantarillas existentes, badenes y los tramos donde la vía presenta terreno accidentado y de mayor presencia de roca fija.

Realizado todos estos trabajos de campo, se procedió a realizar el trabajo de gabinete.

3.2.5.1 Ensayos preliminares

3.2.5.1.1 Estudio topográfico

Es el trabajo de toma de datos topográficos mediante el registro bibliográfico de trabajos realizados anteriormente sobre esta vía, que es el Perfil Técnico del proyecto “*Mejoramiento Del Camino Vecinal Tramo: Div. Carretera Belaunde Terry Sur - Puerto Lopez - Sauce (Longitud = 18+160 Km.), En El Distrito De Sauce, Provincia De San Martin - San Martin*”, que se usó como información base del levantamiento topográfico

sobre el reforzamiento en campo, con los instrumentos y equipos como Estación Total, GPS.

Trabajos desarrollados:

Se realizó la verificación y confirmación de los datos topográficos indicados en los planos, con el registro de las estructuras de drenaje así como las características de la vía.

Características de la vía existente:

La Vía tiene una longitud de 18 km + 160 m, el ancho promedio es de 4.50; 5.00; 6.00 mts promedio, las pendientes máximas son de hasta 12%, no cuenta con adecuadas cunetas para drenar las aguas pluviales.

Las características del terreno según los registros de la cotas de alturas m.s.n.m. (Metros Sobre el Nivel del Mar) y la inspección ocular del terreno se puede determinar:

1. **Terreno plano;** El tramo de la vía presenta pendientes mínimas que van desde 0.60% a 2.70%, entre niveles de 210 m.s.n.m. (Nivel de Rios Huallaga) a 240 ms.n.m. por una longitud de 3.4 km (Prog. Km 0+600 a Km 04+020) Esta tramo de características plana es un terreno sobre el valle generado por el rio Huallaga a ambas márgenes, esta parte de la vía no presenta mayores dificultades en su diseño geométrico.
2. **Terreno ondulado;** Son los tramos de la vía que tienen pendientes entre 3% a 6% que se ubica en las progresivas Km 13+580 a km 18+160, entre niveles de 620 m.s.n.m. a 670 m.s.n.m. que tiene como características de presentar terrenos arcillosos y arenosos con pendientes moderados, este tramo de la vía se ubica basicamente a lo largo de la Laguna de Sauce.
3. **Terreno Accidentado;** Es el tramo de la vía que presenta pendientes que varían entre 6.20% a 9.20% que comprende dos tramos entre la prog. Km 04+220 a km 11+500, y los niveles de 250 m.s.n.m. a 774 m.s.n.m.

3.3.5.1.2 Estudio de tráfico

Generalidades

El estudio de tráfico vehicular nos permite determinar el flujo de carga y pasajeros entre el lugar de origen y destino, conocer el volumen de vehículos que circulan en un tramo; a su vez nos permite proyectar el volumen de tráfico de la red, desarrollar y calibrar modelos de simulación de demanda de transportes, nos proporciona información básica para el planeamiento del sistema de transporte.

Debe destacarse el hecho de que la determinación del tráfico es de vital importancia para poder adelantar otras actividades como la de realizar el diseño adecuado de la estructura del afirmado, así como también del pavimento y la evaluación del proyecto, pues gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operaciones.

Los trabajos de campo se efectuaron con la instalación de una estación, ya que esta carretera desde el punto del desvío solo conduce hacia el Distrito de Sauce, esto ubicado al altura del Km 17+880 aproximadamente a la entrada del poblado de Sauce, para lo cual se aplicó el método del conteo vehicular manual por tres días consecutivos tomando como referencia los tres días con mayor transitabilidad en la vía (Viernes, Sabado y Domingo), a fin de obtener las principales características del tráfico vehicular.

El presente estudio de tráfico tiene por objetivo directo determinar el Índice Medio Diario (IMD) que circulara por la vía en estudio materia del presente proyecto, con la finalidad de categorizar el tipo de vía a diseñar y el tipo de vehículo de diseño.

Metodología

En el estudio de tráfico se efectuó las siguientes actividades:

a. Etapa de planificación

Obtención y Revisión de la información de fuente secundaria.

Reconocimiento de Ruta.

Determinación de Estaciones.

Diseño de los formatos y esquema de conteo.

b. Etapa de organización

Adquisición de materiales y equipos.

Contratación y Adiestramiento de Personal.

C. Etapa de ejecución

Movilización del Personal

Conteo y Clasificación Vehicular.

Supervisión

Desmovilización del Personal.

D. Etapa de procesamiento automatizado

Revisión y consistencia del trabajo de Campo.

Digitalización y Verificación.

Determinación de los factores de Corrección.

Etapa de procesamiento automatizado

D.1 Revisión y consistencia del trabajo de campo

Una vez terminada la labor diaria de llenado de datos y encuestas de origen y destino, se realizó por parte del tesista la revisión de la información y la consistencia del trabajo de campo realizado durante el día.

D.2 Digitación y verificación

Luego en gabinete se procedió de manera inmediata a la digitación de la información, utilizando para esta labor el programa EXCEL 2013 contenido dentro del paquete de Microsoft Office. Con los datos ingresados a las tablas de EXCEL, para determinar los factores y el análisis correspondiente al estudio.

D.3 Determinación de los factores de corrección

Como el flujo vehicular se realizó a través de una muestra en un periodo igual a tres días, para tener validez a nivel anual, se hace necesario estimar el comportamiento anualizado del tránsito. Para ello se determinan factores o coeficientes de corrección que permita expandir el volumen de esa muestra al universo anual.

La variación de los volúmenes de tránsito son generalmente rítmicas y repetitivas durante el año por lo que es necesario corregir la periodicidad del comportamiento registrado durante las horas, días de la semana y meses del año y las variaciones relevantes determinadas en épocas del año debido a festividades cívicas o religiosas, cosechas, época de lluvia o sequía, de verano, etc.

Para determinar el factor de corrección estacional (FC) se ha utilizado los

factores de corrección 2000 – 2010 para determinar el Índice Medio Diario Anual, elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, obtenida de la página web de la institución en mención.

En las estaciones, objeto del presente estudio no existen series históricas de tráfico, por lo que los factores de corrección se han determinado con la información de la Estación de Peaje Moyobamba, Ruta R-05N, que se considera lo confiable para simular el comportamiento de la vía en toda su extensión. En el siguiente cuadro se presentan los volúmenes vehiculares en cada mes y el respectivo factor de ajuste.

Tabla 16

Factor de corrección mensuales, estación de peaje moyobamba – Ruta R -05N

Mes	Factor de corrección	
	Veh. ligeros	Veh. pesados
Enero	1.17827644315452	1.10068058511456
Febrero	1.13891555043552	0.996517713443556
Marzo	1.11323969643514	1.01599841802735
Abril	1.05146936805243	1.07631223734741
Mayo	1.03349886811014	1.05546831951574
Junio	0.926455817552462	0.988710643529979
Julio	0.937373757713324	0.990681465945222
Agosto	0.928180966934473	0.944552070924704
Setiembre	0.968301160237076	0.961954411858779
Octubre	0.971934991877844	0.980644645431127
Noviembre	0.942950373030486	0.964169844506855
Diciembre	0.938617713116229	0.987785235071499

Fuente: Ministerio de transporte factor de corrección para veh. ligeros y Pesados 2000 - 2010

Bajo la indicación anterior se ha podido analizar como factores de corrección los siguientes parámetros:

Tabla 17*Factores de corrección mensual 2010 para determinar índice medio diario anual*

Rut a	Est ac.	Peaje	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
			Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesad os	Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesa dos
R-05 N	Pea je	Moyob amba	1.17 828	1.10 068	1.138 92	0.996 52	1.113 24	1.01 6	1.051 47	1.07 631	1.03 35	1.05 547	0.926 46	0.98 871
Rut a	Est ac.	Peaje	Julio		Agosto		Setiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre	
			Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesad os	Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesa dos	Liger os	Pesa dos
R-05 N	Pea je	Moyob amba	0.93 737	0.99 068	0.928 181	0.944 552	0.968 301	0.96 195	0.971 935	0.98 064	0.94 295	0.96 417	0.938 618	0.98 779

Fuente:Ministerio de transporte y comunicaciones

D.4 Volumen de tráfico diario

El volumen de tráfico promedio diario se ha obtenido de la suma del conteo de los vehículos en ambas direcciones (entrada y salida), lo cual nos ha permitido tener una idea más general del tipo y cantidad de vehículos que se observan diariamente. A continuación se presenta el Tabla 18 y Tabla 19, donde se presentan los datos obtenidos por cada día de conteo para las Tres estaciones.

Tabla 18*Resumen de volumen de tráfico diario*

RESUMEN DE VOLUMEN DE TRAFICO DIARIO															
PROYECTO: “DISEÑO GEOMETRICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA VECINAL, DESVIO DE LA CARRETERA ARQ. FERNANDO BELAUNDE TERRY KM 656+000 (KM 0+000) – SAUCE (KM 18+160), PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTÍN”										ESTACION: Puerto Sauce - Sauce (km 18+000)					
UBICACIÓN: SAUCE / SAN MARTIN / SAN MARTIN										CODIGO DE LA ESTACION: E-01					
										SENTIDO: AMBOS					
Tipo de vehículos										Viernes 06-Ene-2017		Sabado 07-Ene-2017		Domingo 08-Ene-2017	
AUTOMOVIL										81		84		93	
CAMIONETA										20		25		28	
CAMIONETA Ambos 0 0										72		81		82	
MICRO P - A												2		4	
OMNIBUS										2E					
										3E					
										2E		8		10	
CAMION										3E		3		6	
										4E					
										2S2					
SEMITRAYLERS										2S3					
										3S2					
										>=3S3					
										2T2					
TRAYLERS										2T3					
										>=3T3					
TOTAL										181		205		213	
%										30.22		34.22		35.56	

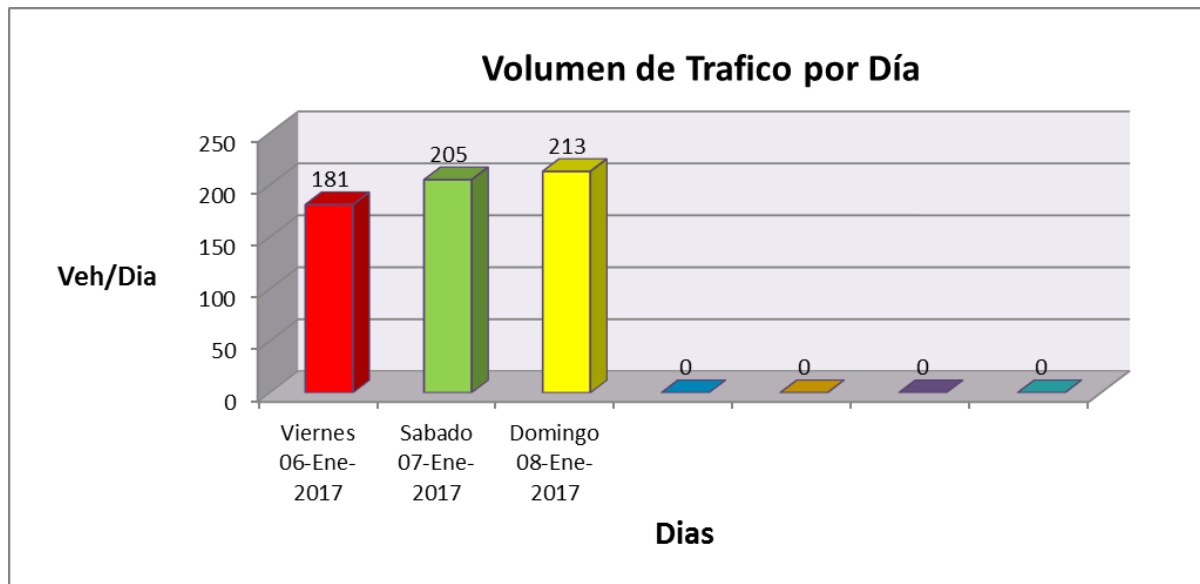


Figura 13: Volumen de tráfico por día (Fuente: Elaboración propia)

D.5 Índice medio diario semanal

El índice medio diario semanal ha sido obtenido de promediar el sumatorio total según el tipo de vehículo entre el número total de días en que se ha realizado el conteo, siendo en este caso un número de 3 días.

$$IMDs = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde:

Volumen vehicular diario de cada uno de los 3 días de conteo

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular

A continuación, se presenta la tabla 21, donde se presentan el promedio y porcentaje de los datos obtenidos en la estación.

Tabla 19*Cálculo de índice medio diario semana***CALCULO DEL INDICE MEDIO DIARIO ANUAL IMDa**

PROYECTO: "DISEÑO GEOMETRICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA VECINAL, DESVIO DE LA CARRETERA ARQ. FERNANDO BELAUNDE TERRY KM 656+000 (KM				ESTACION:		Sauce - Desv. C - FBT (Km 17+860)									
				CODIGO DE LA ESTAC:		E-01									
				SENTIDO:		AMBOS									
UBICACIÓN: SAUCE / SAN MARTIN/ SAN MARTIN															
				0		0		0		0		TOTAL SEMANA		IMDs	
TIPO DE VEHICULO				Viernes		Sabado		Domingo							
				04-Nov-11		05-Nov-11		06-Nov-11							
AUTOMOVIL				81		84		93				258		86	
CAMIONETA				20		25		28				73		24	
CAMIONETA RURAL				72		81		82				235		78	
MICRO				0		2		4				6		1	
OMNIBUS				2E								0		0	
				3E		0						0		0	
CAMION				2E		8		10		6		24		8	
				3E				3				3		1	
SEMITRAYLERS				4E								0		0	
				2S2		0						0		0	
				2S3		0						0		0	
				3S2		0						0		0	
				>=3S3		0						0		0	
TRAYLERS				2T2		0						0		0	
				2T3		0						0		0	
				>=3T3		0						0		0	
TOTAL				181		205		213				599		198	

Tipo de vehículo	IMDa	%
Automóvil	101	43%
Camioneta	29	12%
Camioneta Rural	92	39%
Micro	1	0%
Omnibus		
2E	0	0%
3E	0	0%
2E	9	4%
Camión		
3E	1	0%
4E	0	0%
2S2	0	0%
2S3	0	0%
Semitraylers		
3S2	0	0%
>=3S3	0	0%
2T2	0	0%
Traylers		
2T3	0	0%
>=3T3	0	0%
TOTAL	233	100%

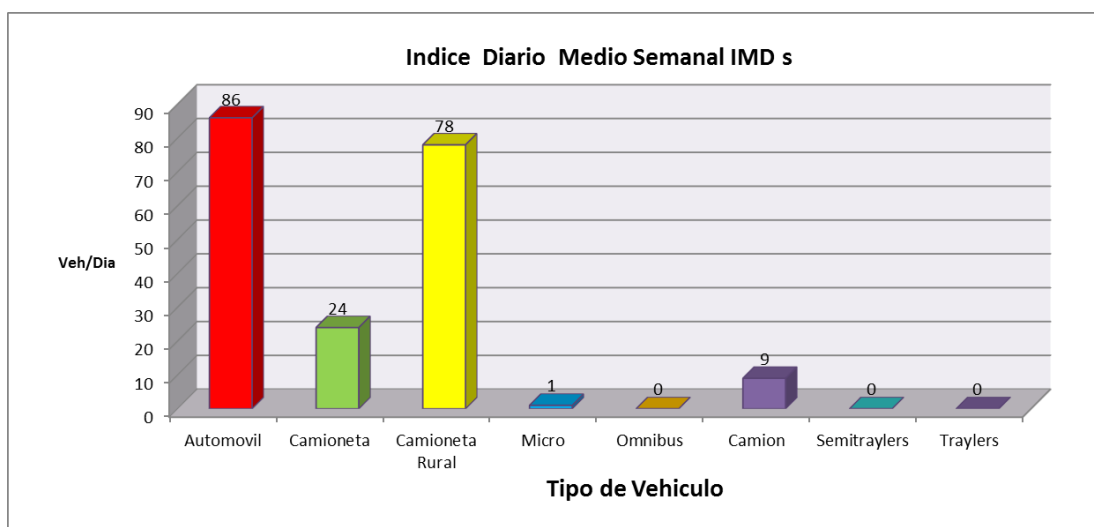


Figura N° 14: Índice diario medio semanal (IMDs)

D.6 Índice medio diario anual

El índice medio diario anual se ha obtenido de la multiplicación del índice medio diario semanal x el factor de corrección obtenido del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; en el caso de vehículos ligeros el factor es igual a 1.17828 y para vehículos pesados e igual a **1.10068**. A continuación, se presenta la Tabla N° 22, y la Figura N° 13 el índice medio diario anual.

$$IMDa = FC * IMDs$$

Donde:

IMDa	=	Índice Medio Diario Anual
FC	=	Factor de corrección estacional
IMDs	=	Índice Medio Diario Semanal

Tabla 20*Cálculo de índice medio diario anual (IMDa)***CALCULO DEL INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL IMDs**

PROYECTO: "DISEÑO GEOMETRICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA VECINAL, DESVIO DE LA CARRETERA ARQ. FERNANDO BELAUNDE TERRY KM 656+000 (KM 0+000) – SAUCE (KM 18+160), PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTÍN"

ESTACION: Sauce - Desv. C - FBT (Km 17+860)

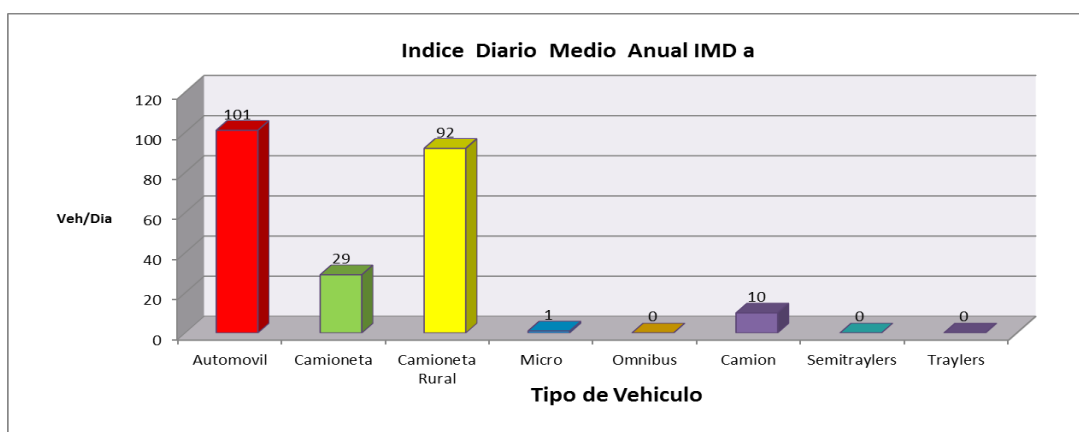
CODIGO DE LA ESTACION: E-01

UBICACIÓN: SAUCE / SAN MARTIN / SAN MARTIN

SENTIDO: AMBOS

TIPO DE VEHICULO	Viernes	Sabado	Domingo	TOTAL SEMANA
	04-Nov-11	05-Nov-11	06-Nov-11	
AUTOMOVIL	81	84	93	258
CAMIONETA	20	25	28	73
CAMIONETA RURAL	72	81	82	235
MICRO	0	2	4	6
OMNIBUS				0
2E				0
3E	0			0
2E	8	10	6	24
3E		3		3
4E				0
2S2	0			0
2S3	0			0
3S2	0			0
>=3S3	0			0
2T2	0			0
2T3	0			0
>=3T3	0			0
TOTAL	181	205	213	599

TIPO DE VEHICULO	IMDs	%
AUTOMOVIL	86	43.43%
CAMIONETA	24	12.12%
CAMIONETA RURAL	78	39.39%
MICRO	1	0.51%
OMNIBUS		
2E	0	0.00%
3E	0	0.00%
2E	8	4.04%
3E	1	0.51%
4E	0	0.00%
2S2	0	0.00%
2S3	0	0.00%
3S2	0	0.00%
>=3S3	0	0.00%
2T2	0	0.00%
2T3	0	0.00%
>=3T3	0	0.00%
TOTAL	198	100%

**Figura 15:** Índice medio diario anual (IMDa)

Conclusiones de estudio de tráfico

1. Se instaló una (01) estación a la altura de la entrada al poblado de Sauce del tramo, Puerto Sauce – Localidad de Sauce (Km 17+880) Esto se hizo siguiendo como indicativo el Manual para el diseño de carreteras pavimentadas.
2. Se determinó utilizar el método del conteo vehicular manual, a fin de obtener las principales características del tráfico vehicular, este siguió la base de los formularios obtenidos en el manual anteriormente referido.
3. Se determinó según el manual para estudio de tráfico vehicular 2 factores de corrección, el equivalente para vehículos ligeros igual a 1.17828 y para vehículos pesados 1.10068 determinados para el tramo Moyobamba – Tarapoto.
4. Estos datos han sido procesados, obteniendo un Índice Medio Diario Semanal en la estación Puerto Sauce – Localidad Sauce (km. 17+880), se obtuvo un IMDs de 198 vehículos.
5. De los resultados del Índice Medio Diario Anual, se ha obtenido un promedio aproximado en la estación Puerto Sauce – Localidad Sauce (km. 17+880), se obtuvo un IMDa de 233 vehículos.

3.2.5.2 Diseño geométrico

El diseño geométrico de la carretera de acceso al Distrito de Sauce por el Puerto Sauce (Rio Huallaga), ha sido desarrollado según lo establecido en las Normas Peruanas, indicados en los manuales de diseño tanto de “Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” y también de “Diseño Geométrico de Carreteras” y el respaldo de referencias bibliográficas sobre el tema.

El estudio incluye la determinación de la Velocidad Directriz, la sección transversal, ancho de calzada, ancho de berma, bombeo, taludes de corte y relleno, peraltes, parámetros de diseño de alineamiento horizontal y vertical, distancia de visibilidad de parada, distancia de visibilidad de sobrepaso, el radio mínimo para el peralte máximo, el sobreancho, la longitud de transición y la pendiente máxima.

Revisado el Perfil Técnico del proyecto “*Mejoramiento Del Camino Vecinal Tramo: Div. Carretera Belaunde Terry Sur - Puerto Lopez - Sauce (Longitud = 18+160 Km.)*,”

En El Distrito De Sauce, Provincia De San Martin - San Martin” el cual contiene las características técnicas del proyecto actual de la carretera.

Según su Función	: Red Vial Vecinal o Rural
Velocidad Directriz	: 30 Km. /h.
Longitud total	: 18+160 Km.
Ancho de superficie de rodadura	: 5.50; 6.00; 6.60; promedio
Bermas laterales	: 0.5-1.00
Cunetas triangulares	: 1.0m x 0.50m
Radio Mínimo	: 20. m
Pendiente Máxima	: 10. %.
Bombeo	: 2.5 %.

3.2.5.2.1 Topografía de la zona

El tramo en estudio presenta una topografía que varía de plana a ondulado accidentado, y predomina la zona ondulado y en menor proporción los sectores accidentados.

A fin de describir los tipos de topografía representativa del tramo, se sectorizó el tramo de carretera, considerano tres sectores:

Sector	Long. Km	Topografía	Orografía	Inclinación transversal
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Plano	Tipo 1	Menores a 10 %
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Plano a Ondulado	Tipo 1 y 2	Varía entre 11 y 50%
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Ondulado a Accidentado	Tipo 2 y 3	Varía entre 51 y 100%

Fuente:Elaboración propia.

3.2.5.2.2 Características de transito

Según se observa en los resultados obtenidos el día que mayor tránsito vehicular existe en la carretera es el día Domingo con 213 veh/día.

El mayor volúmen vehicular del tramo Puerto Sauce – Localidad Sauce, son el tipo de vehículo “Automovil”, llegando al (43%) del IMDa (93 veh/día), el transporte de carga es realizado en camiones de 02 ejes frecuentemente y ocasionalmente en camiones de 03 ejes. Cabe indicar cuando existe obras y trabajos de construcción ejecutados por la Municipalidad Distrital de Sauce

o por alguna empresa privada, transita por la vía maquinaria pesada (Volquetes, Cargador Frontal, Cama Baja, Motoniveladora, Etc).

Tabla 21

Volumen diario clasificado (Domingo)

Tipo de vehículo	Desvio CFBT - Sauce	Sauce – Desvio CFBT	Ambos	%
Auto	41	52	93	44%
Camioneta	14	14	28	13%
Combi	41	41	82	38%
Micro	2	2	4	2%
Bus	0	0	0	0
Camion – 2E	3	3	6	3%
Camion – 3E	0	0	0	0
Camion – 4E	0	0	0	0
2S2	0	0	0	0
2S3	0	0	0	0
3S2	0	0	0	0
2T2	0	0	0	0
3T2	0	0	0	0
F 3T3	0	0	0	0
u				
e Total	101	112	213	100%
n % Sentido	47.42%	52.58%	100%	

Fuente: Ejecución propia.

3.2.5.2.3 Diseño geométrico

1. Normatividad

Las normas de diseño seguidas para el diseño geométrico de la carretera son las correspondientes al Manual de Carretera “Diseño Geométrico” (DG 2013), elaborado por el MTC y aprobado mediante D.S. N° 034-2008-MTC, y el manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo

Volumen de Tránsito, que es complementaria del manual anteriormente mencionado.

2. Clasificación Vial

Según la normativa para el diseño de carreteras, una vía se clasifica según su función, según se demanda y según las condiciones de orografía.

Carretera desvío PE- 5N Arq. Fernando Belaunde Terry (km 656+000) – Sauce.

- a. Según su función: La carretera objeto de la tesis pertenece a la Red Vial Vecinal o Rural, que empalma a la carretera PE- 5N Arq. Fernando Belaunde Terry. (Ex Marginal de la Selva), de la Red Vial Nacional.
- b. De acuerdo a la Demanda: Si bien es cierto el IMD obtenido en el estudio de tráfico es inferior a 400veh/día, que clasificarían la vía como una Carretera de Tercera Clase, pero mejorado la vía no se descarta en los posteriores años y mejorado la vía al nivel de asfaltado y puesto en operación se sucite un incremento de tráfico, y el IMD igualará y/o superará los 400veh/día, consecuentemente para el desarrollo del presente estudio, se considera que la vía clasifica como una carretera de **Tercera clase**.
- c. Según las Condiciones Orográficas: Tal como se preciso en el item de Topografía, el tramo objeto del estudio, atraviesa tres sectores de marcada orografía, que varían entre tipo 1, tipo 2 y tipo 3.

3. Velocidad directriz

De acuerdo al manual de diseño de carreteras, la velocidad directriz o de diseño es la escogida para el diseño geométrico de la vía, entendiéndose que será la máxima velocidad que se podrá mantener con seguridad sobre una sección determinada de la carretera, cuando las circunstancias sean favorables para que prevalezcan las condiciones de diseño.

Asimismo establece que la elección de la velocidad directriz depende de la importancia o categoría de la futura carretera, de los volúmenes de tránsito que va a mover, de la configuración topográfica del terreno, de los usos de la tierra, del servicio que se pretenda ofrecer, de las consideraciones ambientales, de la homogeneidad a lo largo de la carretera de las

facilidades de acceso (control de accesos), de la disponibilidad de recursos económicos y de las facilidades de financiamiento.

La velocidad directriz condiciona todas las características geométricas de la vía, su definición se encuentra íntimamente ligada al costo de construcción de cada carretera. Para una velocidad directriz alta, el diseño vial obliga, entre otros, al uso de mayores anchos de plataforma y mayores radios de giro en las curvas horizontales, lo que trae como consecuencia el incremento de los volúmenes de obra.

A partir de la tabla 204.01, del Manual de Diseño Geométrico (DG 2013), que relaciona la velocidad de diseño con la clasificación de la carretera y la orografía que atraviesa, se tiene que para una carretera de TERCERA CLASE y orografía tipo 3, la velocidad directriz varía entre 30KPH y 60KPH, mientras que para una orografía tipo 2, entre 40KPH y 70KPH, para una orografía tipo 1, entre 50KPH y 80KPH.

Tabla 22

Rangos de la velocidad de diseño en función a la clasificación de la carretera por demanda y orografía

CLASIFICACION	OROGRAFIA	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (km/h)										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Autopista de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Autopista de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de primera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de segunda clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											
Carretera de tercera clase	Plano											
	Ondulado											
	Accidentado											
	Escarpado											

Fuente: Manual de Diseño Geométrico (DG 2013)

Teniendo en cuenta la economía que debe buscarse en todo proyecto y las limitaciones presupuestales, se ha optado por usar la menor velocidad de diseño determinada para cada tipo de orografía establecida a partir de la tabla 204.01, consecuentemente las velocidades recomendadas para una orografía tipo 1 es de 80km/h, para una orografía tipo 2, 50km/h y para una orografía entre tipo 3 y 4, una velocidad de 30km/h y excepcionalmente 40km/h para un caso particular. Se debe precisar que la

velocidad de circulación que presenta la vía fluctúa entre 30 km/h y 40km/h, la misma que se encuentra influenciada principalmente por el estado pésimo de la superficie de rodadura y por el alineamiento geométrico existente.

En conclusión, las velocidades directrices recomendadas serían las siguientes:

SECTOR	LONG. Km	OROGRAFÍA	VELOCIDAD DIRECTRIZ
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Tipo 1	60 Km/h
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Tipo 1 y 2	40 Km/h
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Tipo 2 y 3	30 Km/h

4. Sección Transversal

Al igual que en el caso de la velocidad directriz, la sección transversal de la vía, se basa en la clasificación de la vía, a la orografía que atraviesa la misma y a la misma velocidad directriz.

4.1 Calzada

El ancho de calzada esta determinado en función de la clasificación de la carretera, tipo de orografía, IMDA y velocidad de diseño, cuya relación se encuentra definida en la Tabla 304.01 de la Norma de DG – 2013, y Tabla N° 09 del marco teorico.

Teniendo en cuenta la clasificación de la vía, la sectorización del tramo de acuerdo a la velocidad directriz y la orografía predominante los anchos de calzada para el presente tramo serían los siguientes:

SECTOR	LONG. Km	OROGRAFÍA	ANCHO DE CALZADA
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Tipo 1	6.60 m
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Tipo 2	6.00 m
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Tipo 3	6.00 m

4.2 Bermas

El ancho de bermas esta determinado en función de la clasificación de la carretera, tipo de orografía, IMDA y velocidad de diseño, cuyarelación se encuentra definida en la Tabla 304.02 de la Norma de DG – 2013.

*Tabla 304.02
Ancho de bermas*

Clasificación	Autopista								Carretera				Carretera				Carretera			
Tráfico vehículos/día	> 6.000				6.000 - 4001				4.000-2.001				2.000-400				< 400			
Características	Primera clase				Segunda clase				Primera clase				Segunda clase				Tercera Clase			
Tipo de orografía	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Velocidad de diseño:	30 km/h																	0,90	0,50	0,50
	40 km/h														1,20	1,20	1,20	0,90	0,50	0,50
	50 km/h										2,60	2,60		2,00	1,20	1,20	1,20	0,90	0,90	
	60 km/h			3,00	3,00			2,60	2,60		2,60	2,60	2,00	2,00	1,20	1,20	1,20	1,20		
	70 km/h			3,00	3,00			3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00	1,20		1,20			
	80 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00						
	90 km/h	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00									
	100 km/h	3,00	3,00	3,00		3,00	3,00	3,00		3,00	3,00									
	110 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00													
	120 km/h	3,00	3,00			3,00	3,00													
	130 km/h	3,00	3,00																	

Teniendo en cuenta la clasificación de la vía, la sectorización del tramo de acuerdo a la velocidad directriz y la orografía predominante los anchos de bermas para el presente tramo serían los siguientes:

SECTOR	LONG. Km	OROGRAFÍA	ANCHO DE BERMA
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Tipo 1	0.90 m c/lado
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Tipo 2	0.50 m c/lado
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Tipo 3	0.50 m c/lado

El ancho de la bermas será de 1.20m para la zona urbana de la localidad de Sauce, por seguridad, por el tránsito de motocicletas, mototaxistas, ciclistas y peatones que usan las bermas.

4.3 Bombeo

El bombeo de la calzada esta en función del tipo de superficie de la vía y del nivel de precipitación que registra la zona de proyecto, cuya relación se encuentra definida en la Tabla 304.03 de la Norma de DG – 2013.

Tabla 304.03
Valores del bombeo de la calzada

Tipo de Superficie	Bombeo (%)	
	Precipitación <500 mm/año	Precipitación >500 mm/año
Pavimento asfáltico y/o concreto Portland	2,0	2,5
Tratamiento superficial	2,5	2,5-3,0
Afirmado	3,0-3,5	3,0-4,0

En el presente estudio, en donde el tipo de superficie recomendada es un afirmado (Material Seleccionado) y se registran precipitaciones superiores a 500mm/año según información proporcionada por el Estudio de Hidrología, el bombeo recomendado para todo el tramo es de 3.5%.

4.4 Peralte

El peralte de la calzada está en función del radio y la velocidad directriz y es proyectado con la finalidad de contrarrestar la fuerza centrífuga. De acuerdo a la Norma DG-2013, los valores de peralte recomendados han sido clasificados de acuerdo al tipo de zona en la que se desarrolla el proyecto, sea urbana o rural, habiendo sub clasificado en este último caso de acuerdo a la orografía predominante.

Los valores máximos de peraltes son los indicados en la tabla 304.05:

Tabla 304.05
Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	6,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

a vía en estudio se sectoriza como zona rural que corresponde el 8%, considerando que la orografía predominante en el tramo en estudio, varía entre tipo 2 y 3, para los casos de sectores con orografía tipo 4, muy a pesar que la DG-2013 recomiende peraltes máximo de 12%, se está limitando a un peralte máximo de 8% y en algunos casos a 6%, debido a la

extrema sinuosidad de estos sectores, en donde se presentan curvas horizontales y longitudes entre tangencias cortas, inferiores a las longitudes de transición de peralte requeridas, y que consecuentemente no permiten el desarrollo de peraltes mayores.

Los valores de peralte empleados en el diseño geométrico para distintos velocidades directrices y radios, han sido obtenidos de las siguientes figuras, pertenecientes a la DG-2001:

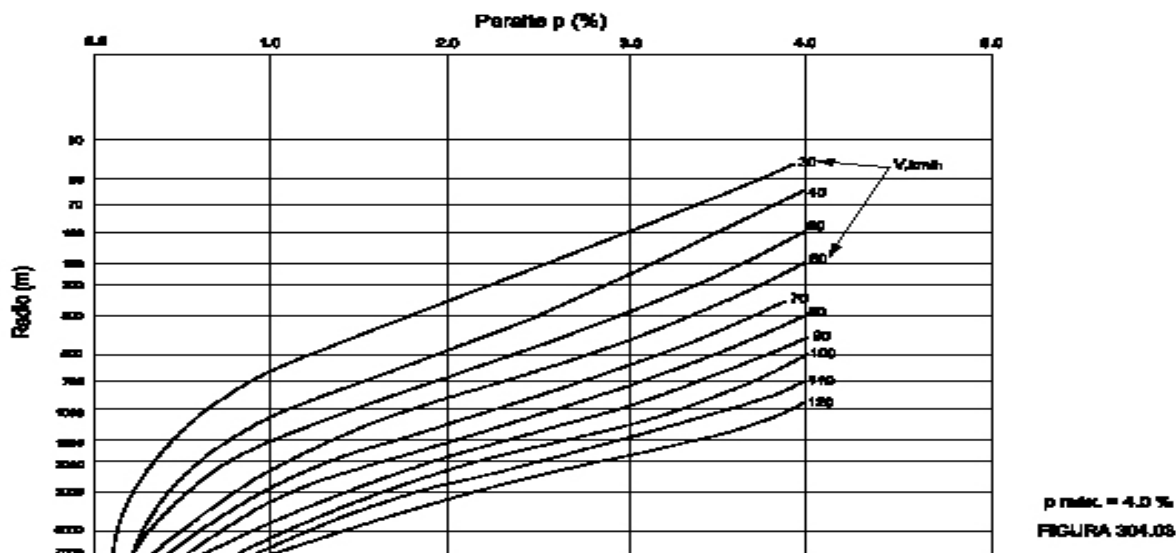


Figura 12: Peralte para cruce urbano

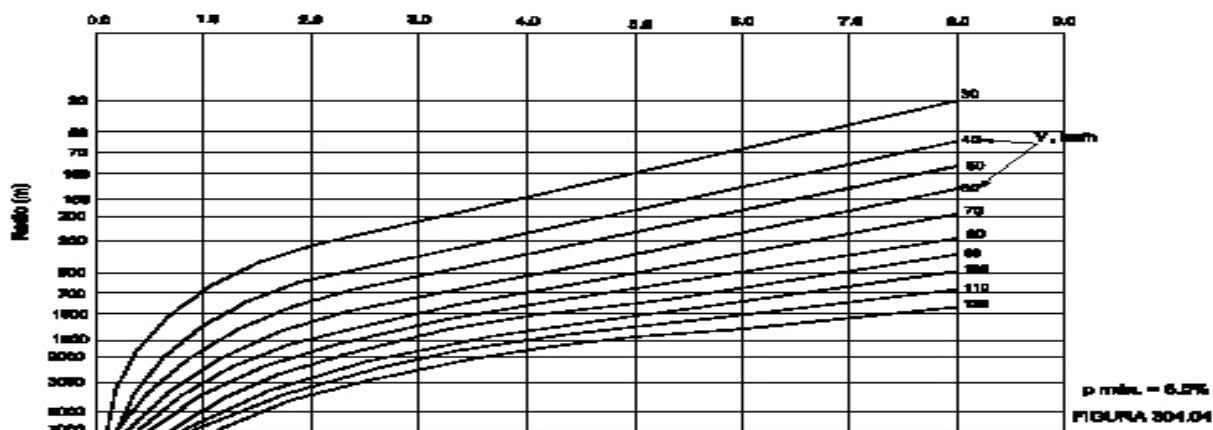


Figura 13: Peralte en zona rural

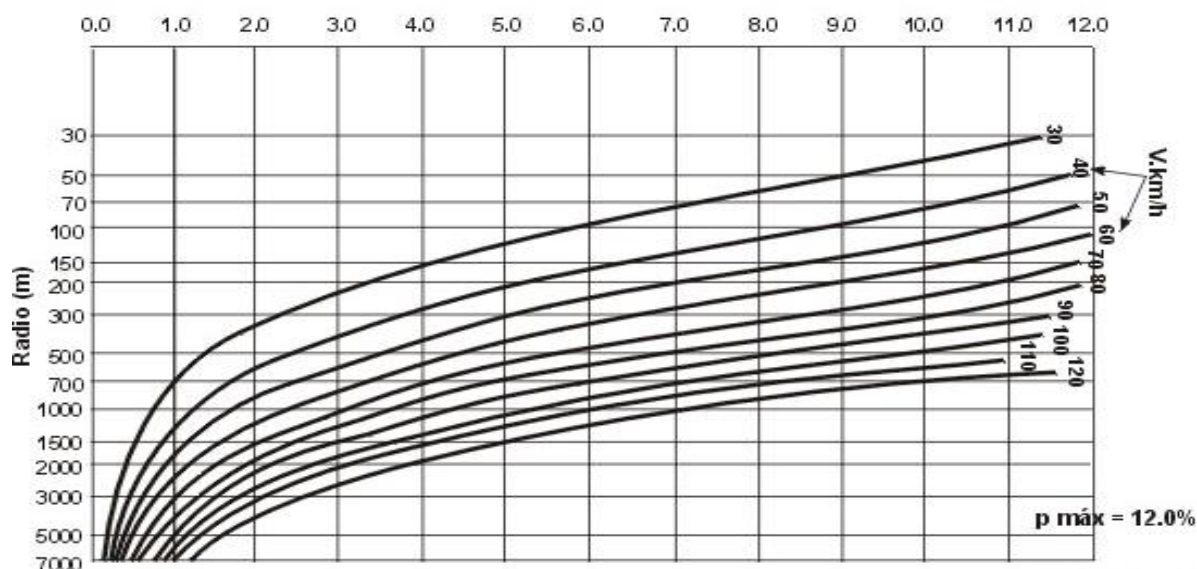


Figura 14 : Peralte en zona rural (Tipo 3 ó 4)

En el caso de los peraltes en zonas de orografía tipo 4, los valores de peralte han sido obtenidos a partir de la longitud de transición de peralte disponible y el bombeo recomendado.

4.5 Taludes

Los valores de corte empleados en el diseño geométrico obedecen a lo recomendado a los estudios de Geología y Geotecnia. De acuerdo a las características del terreno los taludes recomendados varían entre V:H 1:1 a 1:2 y los mismos obedecen a criterios de estabilidad y a la necesidad de contar con taludes revegetables naturalmente, en Roca Fija H:V 1:10, Roca Suelta H:V 1:6.

En el caso de los taludes de terraplenes, teniendo en cuenta la naturaleza de los suelos para conformar rellenos (material común) y las alturas máximas no superan los 5m, el talud empleado en el diseño ha sido 1:1.5 (V:H), de acuerdo a la Tabla 304.11 de la DG-2013.

4.6 Cunetas

Los diseño de cunetas empleados en el diseño geométrico son los recomendados en el Estudio de Hidrología, Drenaje e Hidráulica, las cuales han sido diseñadas teniendo en cuenta aspectos de seguridad vial y las recomendaciones vertidas “Cunetas” de la DG-2001.

Las cunetas recomendadas son de sección triangular de 1.00m x 0.50m, con talud en el lado de la plataforma V:H 1:2.5 y talud en el lado del cerro, V:H

2:1, en aquellos sectores con áreas tributarias menores se esta proyectando cunetas de sección triangular de 1.00m x 0.40m, con talud en el lado de la plataforma V:H 1:2.5 y talud en el lado del cerro, V:H 2:1; y de cunetas de sección triangular de 1.00m x 0.25m, con talud en el lado de la plataforma V:H 1:4 y talud en el lado del cerro, V:H 2:1. La totalidad de cunetas proyectadas tendrán un revestimiento de concreto.

En algunos sectores con problemas de drenaje se proyectarán cunetas de sección trapezoidal, revestida, junto a la plataforma.

5. Diseño geométrico en planta

El alineamiento horizontal se encuentra constituido por una serie de rectas enlazadas por arcos horizontales circulares, a los cuales dichas rectas son tangentes. El diseño geométrico diseñado busca permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, conservando una misma velocidad directriz en la mayor longitud de la carretera que sea posible, para un determinado sector.

5.1 Radios mínimos

El radio mínimo considerado en el diseño geométrico, esta en función a la velocidad directriz, el mismo ha sido determinado en base a la Tabla 302.02 de la DG-2013.

Tabla 23*Radio mínimos y peralte máximo*

Velocidad directriz (km/h)	Peralte máximo e (%)	Valor límite de fricción f_{mx}	Calculado radio mínimo (m)	Redondeo radio mínimo (m)
20	4.0	0.18	14.3	15
30	4.0	0.17	33.7	35
40	4.0	0.17	60.0	60
50	4.0	0.16	98.4	100
60	4.0	0.15	149.1	150
20	6.0	0.18	13.1	15
30	6.0	0.17	30.8	30
40	6.0	0.17	54.7	55
50	6.0	0.16	89.4	90
60	6.0	0.15	134.9	135
20	8.0	0.18	12.1	10
30	8.0	0.17	28.3	30
40	8.0	0.17	50.4	50
50	8.0	0.16	82.00	80
60	8.0	0.15	123.2	125
20	10.0	0.18	11.2	10
30	10.0	0.17	26.2	25
40	10.0	0.17	46.6	45
50	10.0	0.16	75.7	75
60	10.0	0.15	113.3	115
20	12.0	0.18	10.5	10
30	12.0	0.17	24.4	25
40	12.0	0.17	43.4	45
50	12.0	0.16	70.3	70
60	12.0	0.15	104.9	105

Fuente:Ministerio de transporte y comunicaciones

Para el presente tramo los radios mínimos son los siguientes:

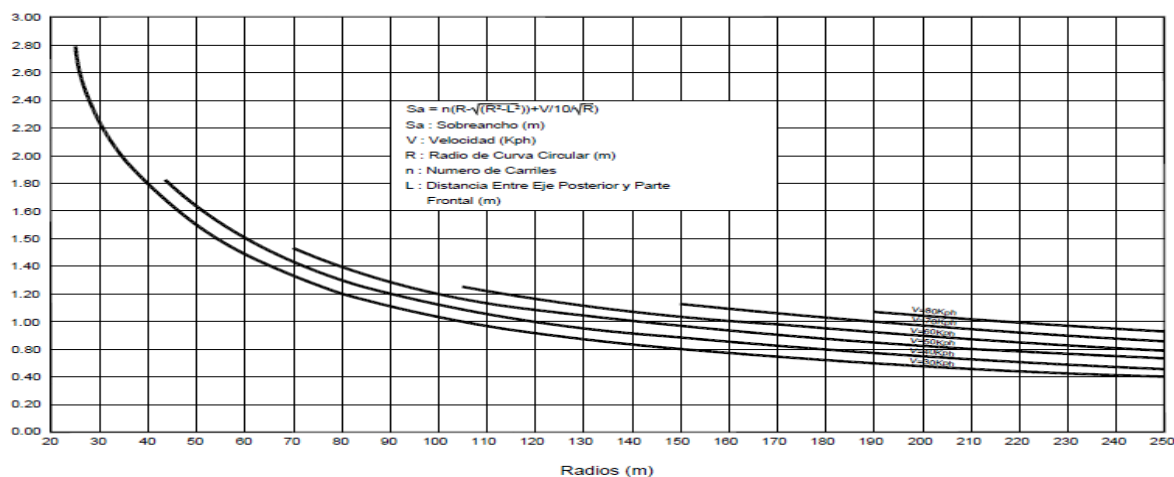
Sector	Long. Km	Velocidad directriz	Radios minimos (peraltes)
Km 0+000 – km 4+220	4.22	60 Km/h	30 m (p=8%)
Km 11+500 – km 18+160	6.66	40 Km/h	30 m (p=8%)
Km 4+220 – km 11+500	7.58	30 Km/h	25 m (p=12%)

5.2 Sobreancho

El sobreancho se encuentra relacionado con la velocidad directriz, el radio de curvatura y el ancho de la calzada. Los valores de sobreancho considerados en el diseño geométrico corresponden a los indicados en la Tabla 402.04. Con excepción de los sobreanchos correspondiente a las curvas de radio 21m y 25m, en las cuales se esta considerando un sobreancho de 2.40m, por razones de economía.

Tabla 24*Valores del sobreancho (Ancho calzada 7.30m, 2 carriles y vehículo C2)*

R	V = 30 KPH		V = 40 KPH		V = 50 KPH		V = 60 KPH		V = 70 KPH		V = 80 KPH	
	Calculo (m)	Recomendado (m)	Calculo (m)	Recomendado (m)	Calculo (m)	Recomendado (m)	Calculo (m)	Recomendado (m)	Calculo (m)	Recomendado (m)	Calculo (m)	Recomendado (m)
25	2.78	2.8										
28	2.5	2.5										
30	2.35	2.4										
35	2.05	2.1										
37	1.95	2										
40	1.82	1.9										
45	1.64	1.7	1.79	1.8								
50	1.5	1.5	1.64	1.7								
55	1.38	1.4	1.51	1.5								
60	1.28	1.3	1.41	1.4								
70	1.12	1.2	1.24	1.3	1.36	1.4						
80	1	1	1.11	1.1	1.23	1.2						
90	0.91	0.9	1.01	1	1.12	1.1						
100	0.83	0.9	0.93	0.9	1.03	1	1.13	1.1				
120	0.72	0.8	0.81	0.8	0.9	0.9	0.99	1				
130	0.67	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.94	1				
150	0.6	0.6	0.68	0.7	0.76	0.8	0.85	0.9	0.93	0.9		
200	0.48	0.5	0.55	0.6	0.62	0.6	0.69	0.7	0.76	0.8	0.83	0.8
250	0.4	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.59	0.6	0.66	0.7	0.72	0.7
300	0.35	0.4	0.41	0.4	0.47	0.55	0.52	0.5	0.58	0.6	0.64	0.6
350	0.31	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.47	0.5	0.53	0.5	0.58	0.6
400	0.28	0.3	0.33	0.4	0.38	0.4	0.43	0.4	0.48	0.5	0.53	0.5
450			0.31	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.45	0.4	0.5	0.5
500					0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4	0.46	0.5
550							0.35	0.4	0.4	0.4	0.44	0.4
600							0.33	0.3	0.37	0.4	0.42	0.4
650									0.36	0.4	0.4	0.4
700									0.34	0.3	0.38	0.4
800											0.35	0.4
900											0.33	0.3

Tabla 25*Valores del sobreancho en funcióna “L” del tipo de vehículo de diseño*

Los valores de sobre ancho empleados en el diseño geométrico se muestran en el cuadro de elementos de curva, en los planos de planta y perfil.

6. Diseño geométrico en perfil longitudinal

El perfil longitudinal viene a ser la sub-rasante, la que se encuentra constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales dichas rectas son tangentes.

6.1 Curvas verticales

Las curvas verticales han sido proyectados buscando que las mismas permitan desarrollar al menos la distancia de visibilidad mínima de parada, de acuerdo a lo establecido en la DG-2014.

6.2 Pendientes

Dada la orografía de la zona de proyecto, el trazo de la carretera no presenta fuertes desniveles que obliguen a pendientes mayores a las recomendadas en la tabla 303.01 de la DG-2013.

7. Coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical

El diseño geométrico proyectado ha buscado en todo momento una coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical, a fin de obtener un diseño cómodo, fácil y agradable para el usuario, que evite problemas en la perspectiva dinámica al recorrer la carretera, tales como sorpresas y desorientaciones.

La coordinación entre alineamientos ha tratado de seguir las recomendaciones indicadas en la Sección 601 “Coordinación del trazo en planta y perfil” del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - DG-2013.

8. Características geométricas del diseño

Sectores	Km 0+000 – Km 4+220	Km 4+220 – Km 11+500	Km 11+500 – Km 18+160
Velocidad Directriz	60 Km/h	30 km/h	40 km/h
Ancho de Calzada	6.60 m	6.00 m	6.00 m
Ancho de Berma	1.20 m	0.50 m	0.90 m
Bombeo	3.5 %	3.5 %	3.5 %

Radio Mínimo			
Sobreancho Máximo			
Peralte Máximo	8 %	12 %	8 %
Pendiente Máximo	8 %	10 %	8 %
Talud de Relleno	1.5H:1V	1.5H:1V	1.5H:1V
Talud de Corte	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material
Cunetas			

3.2.5.2.4 Hidrología y drenaje

Generalidades

Para el buen manejo de las aguas superficiales y subterráneas es importante realizar un estudio que conlleve a determinar predimensionamientos y a elegir el tipo de obra de arte que cumpla de mejor manera la función de drenaje.

Los objetivos se resumen en evaluar los sistemas de drenaje existentes desde el punto de vista hidráulico con el fin de determinar su estado de conservación y operatividad, proponer soluciones para el mejoramiento de las estructuras de drenaje existentes que se adecue al nuevo diseño y las condiciones actuales de la zona del proyecto. Identificación de los problemas de drenaje y sectores críticos al final el desarrollo del estudio hidrológico que conducen a la determinación de los caudales de diseño para proyectar las estructuras de drenaje, badenes y obras de protección.

1. Inventario de obras de drenaje existentes

El inventario realizado, comprende la evaluación hidráulica de las principales quebradas y cursos de agua que atraviesan la carretera donde actualmente se ubican estructuras de cruce tipo puente, badenes y alcantarillas.

1.1 Puentes

De acuerdo al objetivo del proyecto de tesis, no comprende la intervención de puentes, para este caso de la vía no cuenta con puente construido. Si existe el cruce del río Huallaga, que los vehículos logran pasar mediante la utilización de Balzas. Cabe indicar que sobre el río Huallaga existe la propuesta por parte de la Municipalidad Distrital de Sauce para realizar un proyecto de construcción de puente.

1.2 Badenes

El tramo en estudio existen (05) badenes de concreto las cuales por las condiciones actuales, no permite una adecuada evacuación del flujo superficial.

1.3 Alcantarillas

Las alcantarillas existentes en la vía son de tipo concreto armado, que se encuentran en su mayoría en buen estado y que solo sería necesario su mantenimiento y mejoramiento. De acuerdo a las dimensiones determinadas por los cálculos de diseño de alcantarillas en este proyecto se concluirá si las estructuras existentes cumplen con las características necesarias para su conservación.

1.4 Cunetas

La vía en la actualidad cuenta con cunetas no revestidas en muchos de los casos falta descolmar, reaperturar y no cumple con las dimensiones mínimas de diseño.

1.5 1.5 Sectores inestables

En el sector evaluado se observó las siguientes zonas de zonas críticas:

a) Inestabilidad en el talud de corte

En general la vía presenta taludes estables, con presencia de rocas fijas, que no superan los 15 metros de altura, roca suelta que presenta dificultades (km 08+090), suelo arcilloso que presenta taludes estables que no superan a una latura de 10 metros.

b) Erosión fluvial

Existe dificultades de erosión a las orillas de río Huallaga en los puertos de acceso de los vehículos a las plataformas de las Balsas, además de erosión en la salida de agua en algunas alcantarillas por la falta de ampliar la longitud de plataforma de descarga con revestimiento de concreto.

2. Hidrología

El estudio hidrológico parte de la descripción de la Información metereologica, información básica que involucra el área de estudio, siendo la base para el análisis hidrológico del área de estudio.

2.1 Diagnóstico de sistema de drenaje existente

La vía que es parte del proyecto de tesis tiene una longitud actual de 18+160 Kilometros (Plaza del Distrito), a lo largo de ello cuenta con obras de arte, con la finalidad de evacuar las aguas superficiales y dar paso a las aguas de cauces existente principalmente. La vía cuenta con las siguientes obras de drenaje:

2.1.1 Alcantarillas: Existe 32 Alcantarillas de tipo MC, en funcionamiento, en algunos casos por razones de erosión la estructura se encuentran deterioradas y por colapsar. Para el presente proyecto se plantea cambiar todos las alcantarillas.

Fotografía 1:



Alcantarilla tipo MC



Fotografía 2:

2.1.2 Cunetas: Las cunetas o zanjas de drenaje son No Revestidas en donde se pudo apreciar. En algunos tramos de la vía no se identificó zanja de drenaje por razones de que se cubrió con el bosque, o se encuentran colmatadas.

Fotos N° 03:



2.1.3 Badenes: Existe 05 Badenes de Concreto Armado ubicados en los 04 primeros kilómetros de la vía, ya que está parte de la vía es un tramo de características plana.

Fotografía N° 04:



2.2 Información hidrológica

El conocimiento de los recursos hídricos de la zona por donde va a pasar el trazo de la carretera, va a permitir adoptar las medidas de mitigación necesarias, cuando se produzcan las avenidas de los ríos y que estas causen el menor daño posible en las estructuras existentes y proyectadas.

2.2.1 Hidrografía

El drenaje de la zona en estudio esta dominado por la presencia de las cuencas del rio Huallaga y la cuenca de la Laguna Azul. A lo largo de la vía se cruza el río Huallaga (km 2+620), que sugiere un imponente obstáculo en el acceso hacia al Distrito, y la construcción de un puente sería importante, que no es materia de este proyecto.

Existen pequeños cauces de riachuelos y cruces aguas que en épocas de lluvias se activan, sin mayores avenidas de crecidas que evacúan sus aguas hacia las cuencas antes indicadas.

La red de drenaje en sus características es en topografía de terreno de ladera. Su área tiene una extensión de 23.7 Ha.

2.2.2 Clima y temperatura

El clima de la zona de estudio es tropical, permanentemente húmedo, calido, moderadamente lluvioso en verano y lluvioso en invierno con una amplitud térmica moderada.

En relación a la temperatura de la zona de estudio, tenemos que de acuerdo a los registros de la Estación Sauce las temperaturas promedio mensual máxima de 35.7°C (Diciembre – Enero) y minima de 15.3°C (Agosto).

2.3 Información básica

2.3.1 Información cartográfica

La información cartográfica disponible para la zona de estudio es la siguiente:

Carta Nacional proporcionada por el Instituto Nacional Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100,000, habiéndose empleado la siguiente hoja:

Sauce

Hoja 14-k

2.3.2 Información pluviométrica

La información pluviométrica a usar es referente a precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación de Sauce.

La Estación Sauce, ubicada al final de tramo en estudio, presenta las características que se muestran en el Cuadro N° 24.

Tabla 26*Estación pluviométrica disponible en la zona de estudio*

Nombre de la estación	Tipo	Entidad operadora	Ubicación		Altitud Msnm	Provincia	Dpto	Periodo de registro
			Latitud	Longitud				
Sauce - 0385	Convencional - Metereológica	SENAMHI	6°41'31"	76°12'1"	580	San Martín	San Martín	1989 - 2013

2.3.3 Intensidad máxima (I)

Es la información que se determinó del estudio hidrológico

2.4 Áreas hidrográficas

En la vía que es materia del proyecto no se identificaron quebradas, solo existen pequeños riachuelos y cauces que en épocas de lluvia se activan, de las cuales se calcula:

Tabla 27*Parámetros geomorfológicos de las áreas de influencia de alcantarillas y badenes***Parámetros geomorfológicos - drenaje**

N°		Progresiva (Km)	Longitud de Cauce (m)	Ancho (m)	Áreas m2
				(Calzada+Berma+Cuneta+Talud)	
Alcant. 01		00+665	120.0	14.50	1,740.0
Alcant. 02		02+920	130.0	14.50	1,885.0
Alcant. 03		03+680	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 04		04+193.8	347.0	14.50	5,031.5
Alcant. 05		05+457	263.0	14.50	3,813.5
Alcant. 06		07+303	557.0	14.50	8,076.5
Alcant. 07		07+997	380.0	14.50	5,510.0
Alcant. 08		08+754	280.0	14.50	4,060.0
Alcant. 09	Alcantarilla para Reemplazar	09+458	170.0	14.50	2,465.0
Alcant. 10		09+600	190.0	14.50	2,755.0
Alcant. 11		09+947	353.0	14.50	5,118.5
Alcant. 12		10+300	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 13		11+222	478.0	14.50	6,931.0
Alcant. 14		12+028	330.0	14.50	4,785.0
Alcant. 15		12+809	730.0	14.50	10,585.0
Alcant. 16		13+395.5	415.5	14.50	6,024.8
Alcant. 17		13+638.5	238.5	14.50	3,458.3
Alcant. 18		13+724	85.5	14.50	1,239.8
Alcant. 19		14+089.5	471.0	14.50	6,829.5

Alcant. 20		14+522.7	323.0	14.50	4,683.5
Alcant. 21		14+930	275.0	14.50	3,987.5
Alcant. 22		15+130.7	160.0	14.50	2,320.0
Alcant. 23		15+594	270.0	14.50	3,915.0
Alcant. 24		15+715.7	200.0	14.50	2,900.0
Alcant. 25		16+077.5	332.0	14.50	4,814.0
Alcant. 26		16+232	50.0	14.50	725.0
Alcant. 27		16+375	400.0	14.50	5,800.0
Alcant. 28		16+678.6	342.0	14.50	4,959.0
Alcant. 29		16+781.7	258.0	14.50	3,741.0
Alcant. 30		17+202.6	200.0	14.50	2,900.0
Alcant. 31		17+410.7	270.0	14.50	3,915.0
Alcant. 32		17+881.9	312.0	14.50	4,524.0
Alcant. 33		06+040	290.0	14.50	4,205.0
Alcant. 34		07+230	70.0	14.50	1,015.0
Alcant. 35		08+250	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 36		08+500	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 37		09+000	330.0	14.50	4,785.0
Alcant. 38		09+330	80.0	14.50	1,160.0
Alcant. 39		09+790	157.0	14.50	2,276.5
Alcant. 40	Alcantarilla Proyectados	10+550	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 41		10+800	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 42		11+050	172.0	14.50	2,494.0
Alcant. 43		12+250	150.0	14.50	2,175.0
Alcant. 44		14+750	227.0	14.50	3,291.5
Alcant. 45		15+050	20.0	14.50	290.0
Alcant. 46		15+210	140.0	14.50	2,030.0
Alcant. 47		15+800	80.0	14.50	1,160.0

Tabla 25*Calculo de caudal - drenaje*

N°		Progresiva (Km)	Area (m2)	C	Intensidad (I)	Q (lt/s)	Q (m3/s)
Alcant. 01		00+665	1,740.0	0.5	153.66	37.13	0.04
Alcant. 02		02+920	1,885.0	0.50	153.66	40.23	0.04
Alcant. 03		03+680	3,625.0	0.50	153.66	77.36	0.08
Alcant. 04	Alcantarilla para Reemplazar	04+193.8	5,031.5	0.50	153.66	107.38	0.11
Alcant. 05		05+457	3,813.5	0.50	153.66	81.39	0.08
Alcant. 06		07+303	8,076.5	0.50	153.66	172.37	0.17
Alcant. 07		07+997	5,510.0	0.50	153.66	117.59	0.12
Alcant. 08		08+754	4,060.0	0.50	153.66	86.65	0.09
Alcant. 09		09+458	2,465.0	0.50	153.66	52.61	0.05

Alcant. 10		09+600	2,755.0	0.50	153.66	58.80	0.06
Alcant. 11		09+947	5,118.5	0.50	153.66	109.24	0.11
Alcant. 12		10+300	3,625.0	0.50	153.66	77.36	0.08
Alcant. 13		11+222	6,931.0	0.50	153.66	147.92	0.15
Alcant. 14		12+028	4,785.0	0.50	153.66	102.12	0.10
Alcant. 15		12+809	10,585.0	0.50	153.66	225.90	0.23
Alcant. 16		13+395.5	6,024.8	0.50	153.66	128.58	0.13
Alcant. 17		13+638.5	3,458.3	0.50	153.66	73.80	0.07
Alcant. 18		13+724	1,239.8	0.50	153.66	26.46	0.03
Alcant. 19		14+089.5	6,829.5	0.50	153.66	145.75	0.15
Alcant. 20		14+522.7	4,683.5	0.50	153.66	99.95	0.10
Alcant. 21		14+930	3,987.5	0.50	153.66	85.10	0.09
Alcant. 22		15+130.7	2,320.0	0.50	153.66	49.51	0.05
Alcant. 23		15+594	3,915.0	0.50	153.66	83.55	0.08
Alcant. 24		15+715.7	2,900.0	0.50	153.66	61.89	0.06
Alcant. 25		16+077.5	4,814.0	0.50	153.66	102.74	0.10
Alcant. 26		16+232	725.0	0.50	153.66	15.47	0.02
Alcant. 27		16+375	5,800.0	0.50	153.66	123.78	0.12
Alcant. 28		16+678.6	4,959.0	0.50	153.66	105.83	0.11
Alcant. 29		16+781.7	3,741.0	0.50	153.66	79.84	0.08
Alcant. 30		17+202.6	2,900.0	0.50	153.66	61.89	0.06
Alcant. 31		17+410.7	3,915.0	0.50	153.66	83.55	0.08
Alcant. 32		17+881.9	4,524.0	0.50	153.66	96.55	0.10
Alcant. 33		06+040	4,205.0	0.50	153.66	89.74	0.09
Alcant. 34		07+230	1,015.0	0.50	153.66	21.66	0.02
Alcant. 35		08+250	3,625.0	0.50	153.66	77.36	0.08
Alcant. 36		08+500	3,625.0	0.50	153.66	77.36	0.08
Alcant. 37		09+000	4,785.0	0.50	153.66	102.12	0.10
Alcant. 38		09+330	1,160.0	0.50	153.66	24.76	0.02
Alcant. 39		09+790	2,276.5	0.50	153.66	48.58	0.05
Alcant. 40	Alcantarilla Proyectados	10+550	3,625.0	0.50	153.66	77.36	0.08
Alcant. 41		10+800	3,625.0	0.50	153.66	77.36	0.08
Alcant. 42		11+050	2,494.0	0.50	153.66	53.23	0.05
Alcant. 43		12+250	2,175.0	0.50	153.66	46.42	0.05
Alcant. 44		14+750	3,291.5	0.50	153.66	70.25	0.07
Alcant. 45		15+050	290.0	0.50	153.66	6.19	0.01
Alcant. 46		15+210	2,030.0	0.50	153.66	43.32	0.04
Alcant. 47		15+800	1,160.0	0.50	153.66	24.76	0.02

2.5 Diseño hidráulico de estructuras de drenaje

En este capítulo se aborda la definición y dimensionamiento de las estructuras de drenaje para el control de los flujos de agua superficial que discurren en el área de la carretera.

Para ello se ha tenido como soporte la evaluación hidráulica y las condiciones de las obras de drenaje existentes, las características del área de proyecto y el estudio hidrológico realizado.

En el desarrollo de la evaluación de campo se han tomado lecturas de las evidencias existentes, tales como tipo de material de arrastre y niveles máximos de flujo para poder determinar la sección hidráulica de la estructura.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Estudio topográfico

El estudio topográfico, es el trabajo de campo que permitió ubicar y obtener datos de las características del terreno y carretera existente como:

1. Coordenadas UTM.
2. Cotas de las Altura Sobre el Nivel de Mar (msnm)
3. Longitud de la vía existente.
4. Ubicación de las obras de arte existente.

Según la topografía del terreno la vía existente se clasifica:

- a) **Terreno plano;** El tramo de la vía presenta pendientes mínimas que van desde 0.60% a 2.70%, entre niveles de 210 m.s.n.m. (Nivel de Rios Huallaga) a 240 ms.n.m. por una longitud de 3.4 km (Prog. Km 0+600 a Km 04+020) Esta tramo de características plana es un terreno sobre el valle generado por el rio Huallaga a ambas márgenes, esta parte de la vía no presenta mayores dificultades en su diseño geométrico.
- b) **Terreno ondulado;** Son los tramos de la vía que tienen pendientes entre 3% a 6% que se ubica en las progresivas Km 13+580 a km 18+160, entre niveles de 620 m.s.n.m. a 670 m.s.n.m. que tiene como características de presentar terrenos arcillosos y arenosos con pendientes moderados, este tramo de la vía se ubica basicamente a lo largo de la Laguna de Sauce.
- c) **Terreno accidentado;** Es el tramo de la vía que presenta pendientes que varían entre 6.20% a 9.20% que comprende el tramo entre la prog. Km 04+220 a km 11+500, y los niveles de 250 m.s.n.m. a 774 m.s.n.m.

De los datos obtenidos del levantamiento topográfico se generan los planos:

1. Plano de Ubicación
2. Plano Topográfico (Curva de Nivel)
3. Plano Clave.

4.2 Estudio de trafico

De acuerdo al conteo de vehículo realizado en la estación, registrado en la planilla indicado por el MTC, se optiene los resultados:

Volumen de tráfico diario

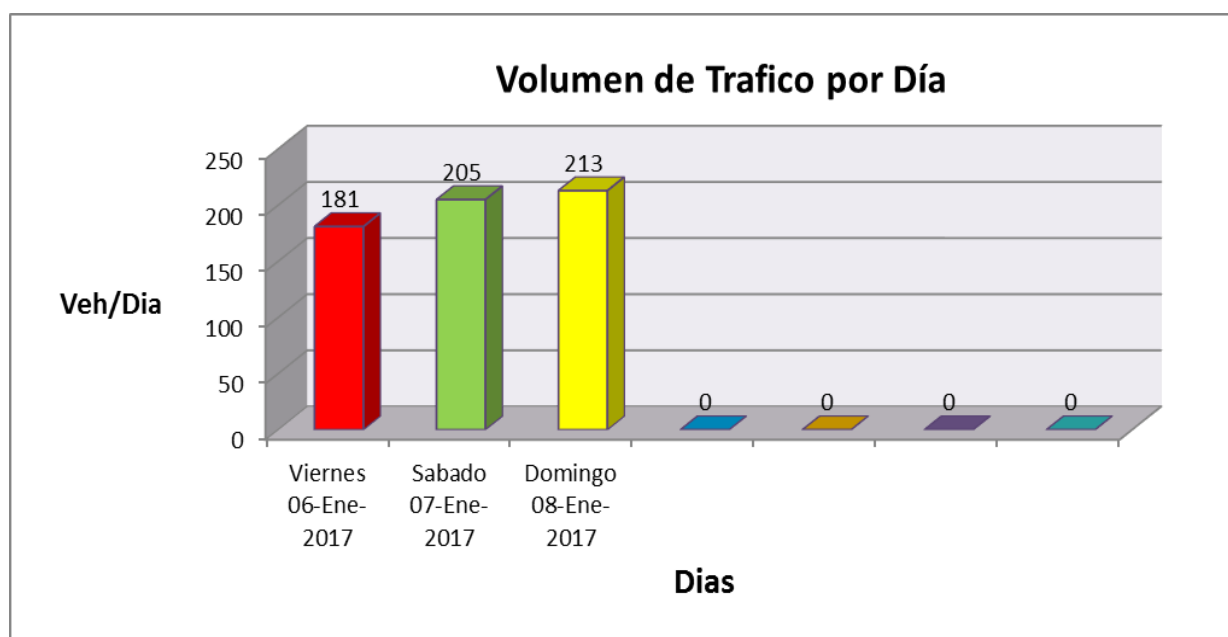
El volumen de tráfico promedio diario se ha obtenido de la suma del conteo de los vehículos en ambas direcciones (entrada y salida), lo cual nos ha permitido tener una idea más general del tipo y cantidad de vehículos que se observan diariamente. A continuación se presenta el Tabla N° 18 y Tabla N° 19, donde se presentan los datos obtenidos por cada día de conteo para las Tres estaciones.

Tabla 26

Resumen de volumen de trafico diario

Tipo de vehículos		Viernes 06-Ene-2017	Sabado 07-Ene-2017	Domingo 08-Ene-2017
AUTOMOVIL		81	84	93
CAMIONETA		20	25	28
CAMIONETA	Ambos 0 0	72	81	82
MICRO P - A			2	4
OMNIBUS	2E			
	3E			
	2E	8	10	6
CAMION	3E		3	
	4E			
	2S2			
SEMITRAYLERS	2S3			
	3S2			
	>=3S3			
	2T2			
TRAYLERS	2T3			
	>=3T3			
TOTAL		181	205	213
%		30.22	34.22	35.56

Fuente: Elaboración propia.



Figur16: Volumen de tráfico por día

D.5 Índice medio diario semanal

El índice medio diario semanal ha sido obtenido de promediar el sumatorio total según el tipo de vehículo entre el número total de días en que se ha realizado el conteo, siendo en este caso un número de 3 días.

$$IMDs = \sum \frac{Vi}{7}$$

Donde:

Volumen vehicular diario de cada uno de los 3 días de conteo

IMDs = Índice Medio Diario Semanal de la muestra vehicular

A continuación, se presenta la tabla 21, donde se presentan el promedio y porcentaje de los datos obtenidos en la estación.

Tabla 27

Cálculo del índice medio diario semanal (IMDs)

TIPO DE VEHICULO		Viernes 04-Nov-11	Sabado 05-Nov-11	Domingo 06-Nov-11	TOTAL SEMANA
AUTOMOVIL		81	84	93	258
CAMIONETA		20	25	28	73
CAMIONETA RURAL		72	81	82	235
MICRO		0	2	4	6
OMNIBUS	2E				0
	3E	0			0
	2E	8	10	6	24
CAMION	3E		3		3
	4E				0
	2S2	0			0
SEMITRA YLERS	2S3	0			0
	3S2	0			0
	>=3S3	0			0
	2T2	0			0
TRAYLERS	2T3	0			0
	>=3T3	0			0
TOTAL		181	205	213	599

TIPO DE VEHICULO		IMDs	%
AUTOMOVIL		86	43.43%
CAMIONETA		24	12.12%
CAMIONETA RURAL		78	39.39%
MICRO		1	0.51%
OMNIBUS	2E	0	0.00%
	3E	0	0.00%
CAMION	2E	8	4.04%
	3E	1	0.51%
	4E	0	0.00%
	2S2	0	0.00%
SEMITRA YLERS	2S3	0	0.00%
	3S2	0	0.00%
	>=3S3	0	0.00%
	2T2	0	0.00%
TRAYLERS	2T3	0	0.00%
	>=3T3	0	0.00%
TOTAL		198	100%

Fuente:Elaboración propia.

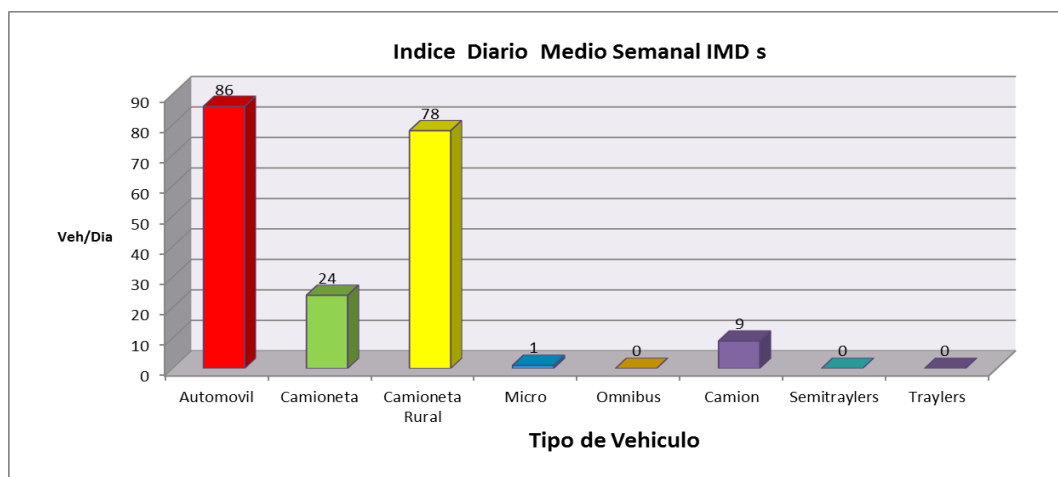


Figura 17: Indice diario medio semanal (IMDs)

D.6 Índice medio diario anual

El índice medio diario anual se ha obtenido de la multiplicación del índice medio diario semanal x el factor de corrección obtenido del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; en el caso de vehículos ligeros el factor es igual a 1.17828 y para vehículos pesados e igual a **1.10068**. A continuación, se presenta la Tabla N° 22, y la Figura N° 13 el índice medio diario anual.

$$IMDa = FC * IMDs$$

Donde:

IMDa	=	Índice Medio Diario Anual
FC	=	Factor de corrección estacional
IMDs	=	Índice Medio Diario Semanal

Tabla 28

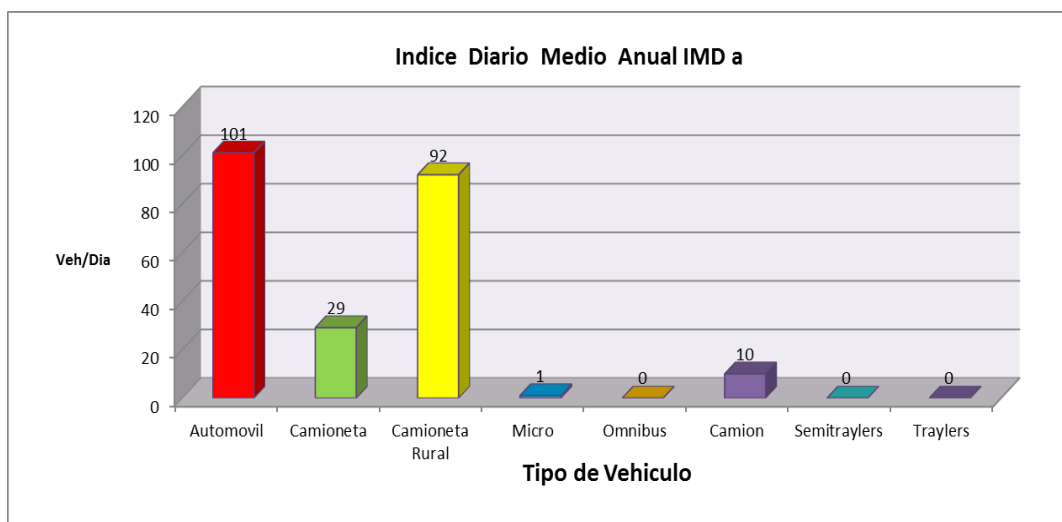
Cálculo del Indice Medio Diario Anual (IMDa)

TIPO DE VEHICULO		Viernes 04-Nov-11	Sabado 05-Nov-11	Domingo 06-Nov-11	0	0	0	0	TOTAL SEMANA	IMDs
AUTOMOVIL		81	84	93					258	86
CAMIONETA		20	25	28					73	24
CAMIONETA RURAL		72	81	82					235	78
MICRO		0	2	4					6	1
OMNIBUS	2E								0	0
	3E	0							0	0
CAMION	2E	8	10	6					24	8
	3E		3						3	1
	4E								0	0
SEMITRAYLERS	2S2	0							0	0
	2S3	0							0	0
	3S2	0							0	0
	>=3S3	0							0	0
	2T2	0							0	0
TRAYLERS	2T3	0							0	0
	>=3T3	0							0	0
TOTAL		181	205	213					599	198

Tipo de vehículo		IMDa	%
Automóvil		101	43%
Camioneta		29	12%
Camioneta Rural		92	39%
Micro		1	0%
Ómnibus	2E	0	0%
	3E	0	0%
Camión	2E	9	4%
	3E	1	0%
	4E	0	0%
	2S2	0	0%
Semitraylers	2S3	0	0%
	3S2	0	0%
	>=3S3	0	0%
Traylers	2T2	0	0%
	2T3	0	0%
	>=3T3	0	0%
Total		233	100%

Fuente: Equipo técnico del PEHCBM

Figura N° 18: Índice Diario Medio Anual (IMDa)



4.3 Diseño geométrico

Ha sido desarrollado según lo establecido en las Normas Peruanas, indicados en los manuales de diseño tanto de “Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” y también de “Diseño Geométrico de Carreteras” y el respaldo de referencias bibliográficas sobre el tema.

4.3.1 Clasificación vial

Según la normativa para el diseño de carreteras, una vía se clasifica según su función, según se demanda y según las condiciones de orografía.

Carretera desvío PE- 5N Arq. Fernando Belaunde Terry (km 656+000) – Sauce.

Según su función: La carretera objeto de la tesis pertenece a la Red Vial Vecinal o Rural, que empalma a la carretera PE- 5N Arq. Fernando Belaunde Terry. (Ex Marginal de la Selva), de la Red Vial Nacional.

De acuerdo a la Demanda: Si bien es cierto el IMD obtenido en el estudio de tráfico es inferior a 400veh/día, que clasificarían la vía como una Carretera de Tercera Clase, pero mejorado la vía no se descarta en los posteriores años y mejorado la vía al nivel de asfaltado y puesto en operación se sucite un incremento de tráfico, y el IMD igualará y/o superará los 400veh/día, consecuentemente para el desarrollo del presente estudio, se considera que la vía clasifica como una CARRETERA DE TERCERA CLASE.

Según las Condiciones Orográficas: Tal como se preciso en el item de Topografía, el tramo objeto del estudio, atraviesa tres sectores de marcada orografía, que varían entre tipo 1, tipo 2 y tipo 3.

4.3.2 Velocidad directriz

Se ha optado por usar la menor velocidad de diseño determinada para cada tipo de orografía establecida a partir de la tabla 204.01, consecuentemente las velocidades recomendadas para una orografía tipo 1 es de 80km/h, para una orografía tipo 2, 50km/h y para una orografía entre tipo 3 y 4, una velocidad de 30km/h y excepcionalmente 40km/h para un caso particular. Se debe precisar que la velocidad de circulación que presenta la vía fluctúa entre 30 km/h y 40km/h, la misma que se encuentra influenciada principalmente por el estado pésimo de la superficie de rodadura y por el alineamiento geométrico existente.

En conclusión, las velocidades directrices recomendadas serían las siguientes:

Tabla 29*Velocidad directriz de la vía por tramos*

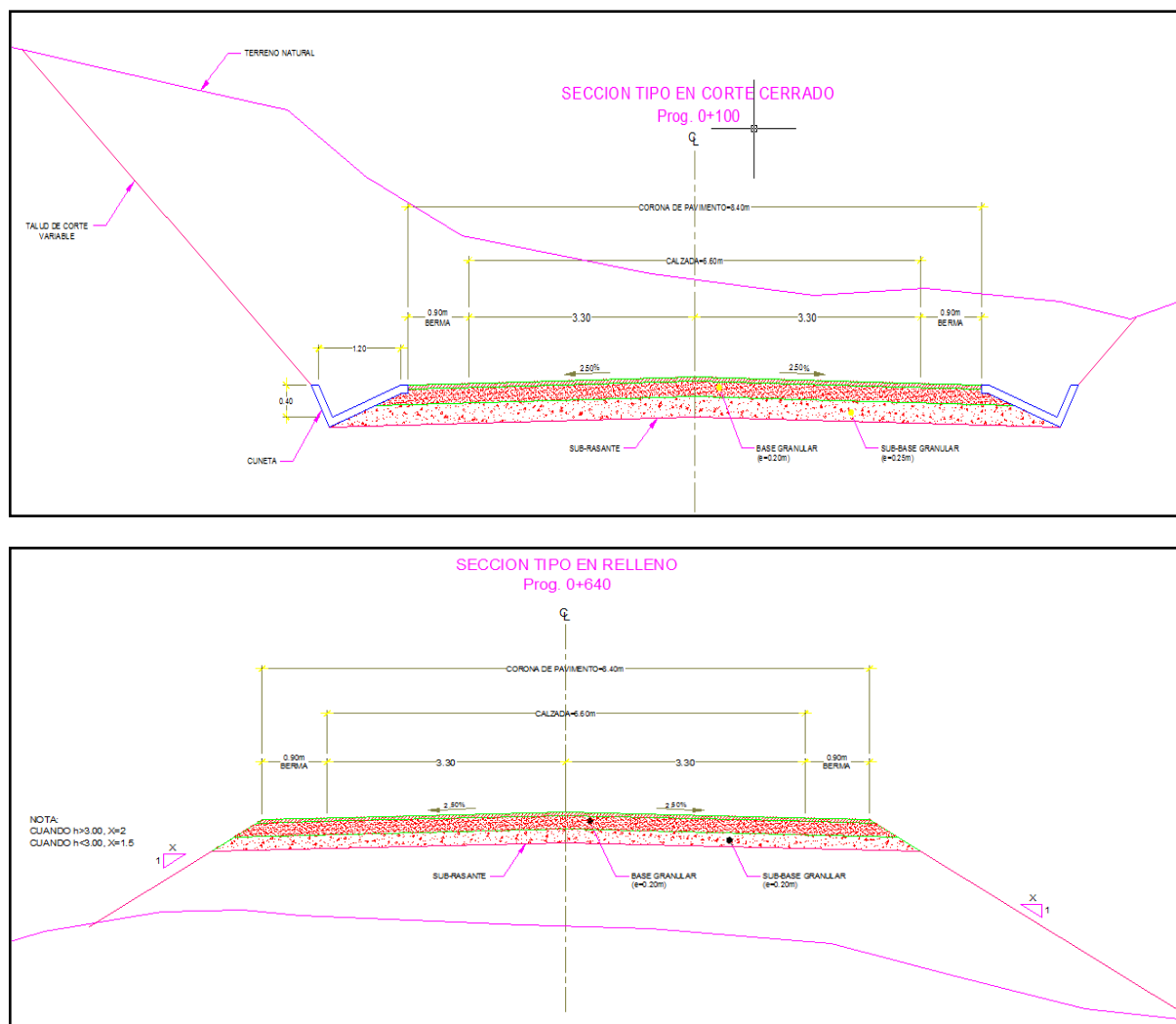
Tramo	Long. Km	Orografía	Velocidad directriz
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Tipo 1	60 Km/h
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Tipo 1 y 2	40 Km/h
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Tipo 2 y 3	30 Km/h

Fuente:Elaboración propia.

4.3.3 Sección transversal

De acuerdo a los tramos en función de su topografía se tiene las secciones:

1. Tramo Km 0+000 a Km 4+200:

Ancho de Calzada 6.60 m, Bermas 0.90 m, Vel. Directriz 60 km/h**Figura 19:** Sección tipo I

2. Tramo Km 4+220 a Km 11+500 y Tramo Km 11+500 a Km 18+160 :
Ancho de calz. 6.0 m, bermas 0.50 m, vel. directriz 30 km/h y vel. directriz 40 km/h

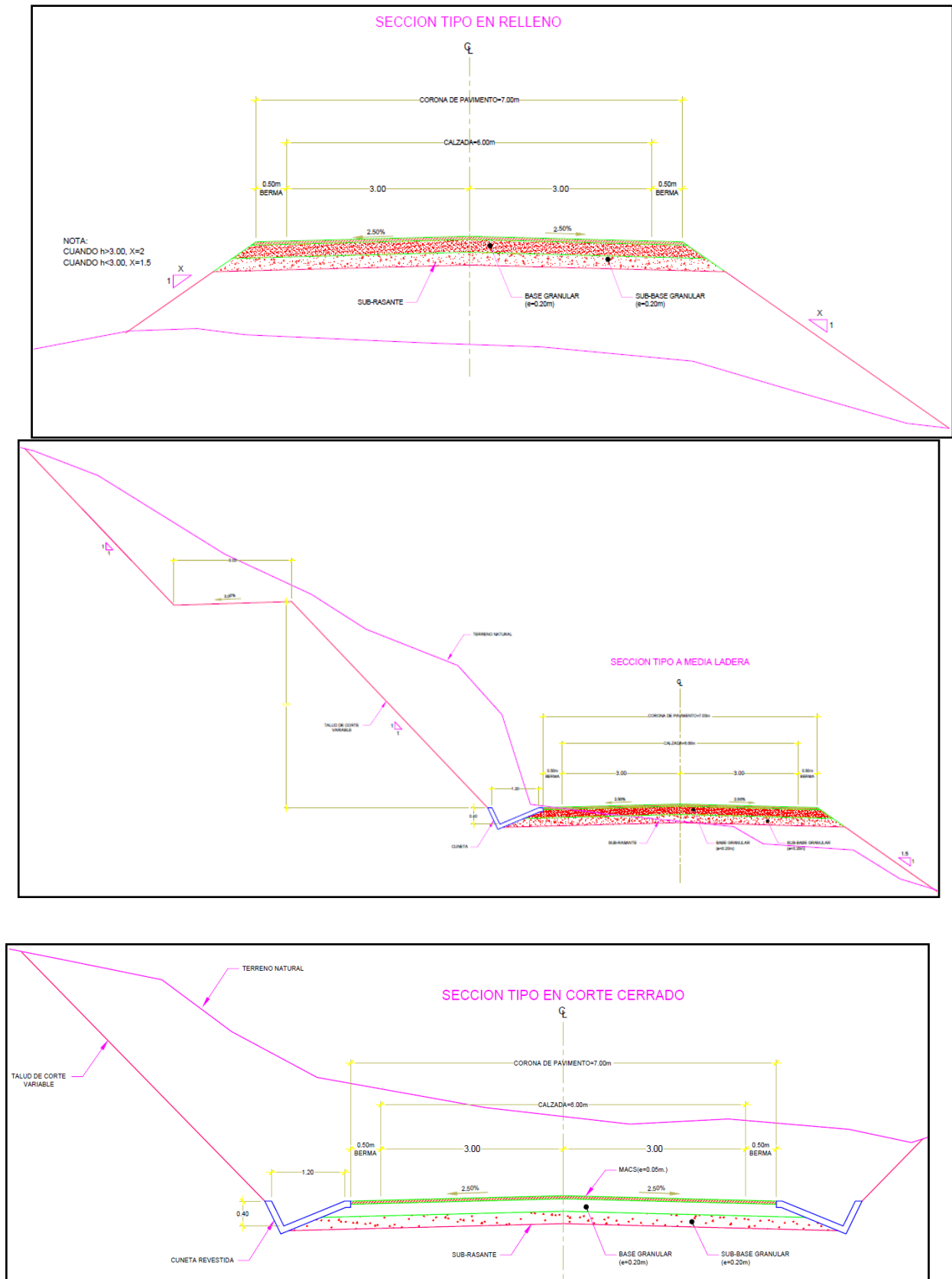


Figura 20: Sección tipo II

4.3.4 Calzada

Tabla 30

Ancho de calzada de la vía por tramos

Sector	Long. Km	Orografía	Ancho de calzada
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Tipo 1	6.60 m
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Tipo 2	6.00 m
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Tipo 3	6.00 m

4.3.5 Bermas

Tabla 31

Ancho de berma en la vía por tramos

Sector	Long. Km	Orografía	Ancho de berma
Km 0+000 – km 4+220	4.22	Tipo 1	0.90 m c/lado
Km 11+500 – km 18+160	6.66	Tipo 2	0.50 m c/lado
Km 4+220 – km 11+500	7.58	Tipo 3	0.50 m c/lado

El ancho de la bermas será de 1.20m para la zona urbana de la localidad de Sauce, por seguridad, por el tránsito de motocicletas, mototaxistas, ciclistas y peatones que usan las bermas.

4.3.6 Peralte

El peralte de la calzada está en función del radio y la velocidad directriz y es proyectado con la finalidad de contrarrestar la fuerza centrífuga. De acuerdo a la Norma DG-2013, los valores de peralte recomendados han sido clasificados de acuerdo al tipo de zona en la que se desarrolla el proyecto, sea urbana o rural, habiendo sub clasificado en este último caso de acuerdo a la orografía predominante.

Los valores máximos de peraltes son los indicados en la tabla 304.05:

Tabla 304.05
Valores de peralte máximo

Pueblo o ciudad	Peralte Máximo (p)		Ver Figura
	Absoluto	Normal	
Atravesamiento de zonas urbanas	8,0%	4,0%	302.02
Zona rural (T. Plano, Ondulado ó Accidentado)	8,0%	6,0%	302.03
Zona rural (T. Accidentado ó Escarpado)	12,0	8,0%	302.04
Zona rural con peligro de hielo	8,0	6,0%	302.05

El tramo en estudio, varía entre tipo 2 y 3, para los casos de sectores con orografía tipo 4, muy a pesar que la DG-2013 recomiende peraltes máximos de 12%, se está limitando a un peralte máximo de 8% y en algunos casos a 6%, debido a la extrema sinuosidad de estos sectores, en donde se presentan curvas horizontales y longitudes entre tangencias cortas, inferiores a las longitudes de transición de peralte requeridas, y que consecuentemente no permiten el desarrollo de peraltes mayores.

4.3.7 Taludes

Los valores de corte empleados en el diseño geométrico obedecen a lo recomendado a los estudios de Geología y Geotecnia. De acuerdo a las características del terreno las taludes recomendados varían entre V:H 1:1 a 1:2 y los mismos obedecen a criterios de estabilidad y a la necesidad de contar con taludes revegetables naturalmente, en Roca Fija H:V 1:10, Roca Suelta H:V 1:6.

En el caso de los taludes de terraplenes, teniendo en cuenta la naturaleza de los suelos para conformar rellenos (material común) y las alturas máximas no superan los 5m, el talud empleado en el diseño ha sido 1:1.5 (V:H), de acuerdo a la Tabla 304.11 de la DG-2013.

4.3.8 Cunetas

Los diseño de cunetas empleados en el diseño geométrico son los recomendados en el Estudio de Hidrología, Drenaje e Hidráulica, las cuales han sido diseñadas teniendo en cuenta aspectos de seguridad vial y las recomendaciones vertidas “Cunetas” de la DG-2001.

Las cunetas recomendadas son de sección triangular de 1.00m x 0.50m, con talud en el lado de la plataforma V:H 1:2.5 y talud en el lado del cerro, V:H 2:1, en

aquellos sectores con áreas tributarias menores se esta proyectando cunetas de sección triangular de 1.00m x 0.40m, con talud en el lado de la plataforma V:H 1:2.5 y talud en el lado del cerro, V:H 2:1; y de cunetas de sección triangular de 1.00m x 0.25m, con talud en el lado de la plataforma V:H 1:4 y talud en el lado del cerro, V:H 2:1.

4.3.9 Diseño geométrico en planta

El alineamiento horizontal se encuentra constituido por una serie de rectas enlazadas por arcos horizontales circulares, a los cuales dichas rectas son tangentes. El diseño geométrico diseñado busca permitir la operación ininterrumpida de los vehículos, conservando una misma velocidad directriz en la mayor longitud de la carretera que sea posible, para un determinado sector.

4.3.10 Radios mínimos

El radio mínimo considerado en el diseño geométrico, esta en función a la velocidad directriz, el mismo ha sido determinado en base a la Tabla 302.02 de la DG-2013.

Para el presente tramo los radios mínimos se indican en el plano de planta y perfil por kilometro (En Anexo).

4.3.11 Sobre ancho

El sobreancho se encuentra relacionado con la velocidad directriz, el radio de curvatura y el ancho de la calzada. Los valores de sobreancho considerados en el diseño geométrico corresponden a los indicados en la Tabla 402.04.

Los valores de sobre ancho empleados en el diseño geométrico se muestran en el cuadro de elementos de curva, en los planos de planta y perfil.

$$Sa = n \left(R - \sqrt{R^2 - L^2} \right) + \frac{V}{10\sqrt{R}}$$

Tabla 31*Calculo de sobreancho*

N° de curva	N° de carriles	Radio (m)	(L), Longitud entre ejes de vehículo	Velocidad directriz	Sa (Sobreancho)	
					Cáculo	Redondeo
PI: 1	2	26	6.6	60	2.8800	2.88
PI: 2	2	28	6.6	60	2.7118	2.72
PI: 3	2	60	6.6	60	1.5028	1.51
PI: 4	2	350	6.6	60	0.4452	0.45
PI: 5	2	90	6.6	60	1.1171	1.12
PI: 6	2	150	6.6	60	0.7804	0.79
PI: 7	2	157	6.6	60	0.7564	0.76
PI: 8	2	27	6.6	60	2.7929	2.8
PI: 9	2	60	6.6	60	1.5028	1.51
PI: 10	2	55	6.6	60	1.6039	1.61
PI: 11	2	40	6.6	60	2.0452	2.05
PI: 12	2	230	6.6	60	0.5851	0.59
PI: 13	2	150	6.6	60	0.7804	0.79
PI: 14	2	178	6.6	60	0.6945	0.7
PI: 15	2	640	6.6	60	0.3052	0.31
PI: 16	2	465	6.6	60	0.3719	0.38
PI: 17	2	326	6.6	60	0.4659	0.47
PI: 18	2	150	6.6	60	0.7804	0.79
PI: 19	2	103	6.6	60	1.0145	1.02
PI: 20	2	97	6.6	60	1.0588	1.06
PI: 21	2	108	6.6	60	0.9811	0.99
PI: 22	2	62	6.6	60	1.4666	1.47
PI: 23	2	1870	6.6	60	0.1620	0.17
PI: 24	2	2425	6.6	60	0.1398	0.14
PI: 25	2	800	6.6	60	0.2666	0.27
PI: 26	2	40	6.6	60	2.0452	2.05
PI: 27	2	105	6.6	60	1.0008	1.01
PI: 28	2	80	6.0	30	0.7860	0.79
PI: 29	2	271	6.0	30	0.3151	0.32
PI: 30	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 31	2	105	6.0	30	0.6359	0.64
PI: 32	2	65	6.0	30	0.9271	0.93
PI: 33	2	130	6.0	30	0.5402	0.55
PI: 34	2	108	6.0	30	0.6223	0.63
PI: 35	2	26	6.0	30	1.9919	2
PI: 36	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 37	2	33	6.0	30	1.6223	1.63
PI: 38	2	80	6.0	30	0.7860	0.79
PI: 40	2	110	6.0	30	0.6136	0.62
PI: 41	2	330	6.0	30	0.2742	0.28
PI: 42	2	78	6.0	30	0.8019	0.81
PI: 43	2	60	6.0	30	0.9888	0.99
PI: 44	2	140	6.0	30	0.5108	0.52

PI: 45	2	80	6.0	30	0.7860	0.79
PI: 46	2	12	6.0	30	4.0814	4.09
PI: 47	2	110	6.0	30	0.6136	0.62
PI: 48	2	250	6.0	30	0.3338	0.34
PI: 49	2	60	6.0	30	0.9888	0.99
PI: 50	2	11	6.0	30	4.4654	4.47
PI: 51	2	75	6.0	30	0.8272	0.83
PI: 52	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 53	2	13	6.0	30	3.7669	3.77
PI: 54	2	15	6.0	30	3.2791	3.28
PI: 55	2	148	6.0	30	0.4899	0.49
PI: 56	2	49.21	6.0	30	1.1620	1.17
PI: 57	2	48.1	6.0	30	1.1839	1.19
PI: 58	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 59	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 60	2	67	6.0	30	0.9049	0.91
PI: 61	2	65	6.0	30	0.9271	0.93
PI: 62	2	55	6.0	30	1.0610	1.07
PI: 63	2	75	6.0	30	0.8272	0.83
PI: 64	2	31	6.0	30	1.7112	1.72
PI: 65	2	570	6.0	30	0.1888	0.19
PI: 66	2	150	6.0	30	0.4850	0.49
PI: 67	2	15	6.0	30	3.2791	3.28
PI: 68	2	40	6.0	30	1.3795	1.38
PI: 69	2	74	6.0	30	0.8360	0.84
PI: 70	2	45	6.0	30	1.2508	1.26
PI: 71	2	55	6.0	30	1.0610	1.07
PI: 72	2	44	6.0	30	1.2743	1.28
PI: 73	2	70	6.0	30	0.8738	0.88
PI: 74	2	70	6.0	30	0.8738	0.88
PI: 75	2	85	6.0	30	0.7495	0.75
PI: 76	2	40	6.0	30	1.3795	1.38
PI: 77	2	56	6.0	30	1.0456	1.05
PI: 78	2	42	6.0	30	1.3245	1.33
PI: 79	2	49	6.0	30	1.1660	1.17
PI: 80	2	179	6.0	30	0.4254	0.43
PI: 81	2	91	6.0	30	0.7105	0.72
PI: 82	2	203	6.0	30	0.3879	0.39
PI: 83	2	42	6.0	30	1.3245	1.33
PI: 84	2	35	6.0	30	1.5433	1.55
PI: 85	2	30	6.0	30	1.7600	1.76
PI: 86	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 87	2	54	6.0	30	1.0770	1.08
PI: 88	2	63	6.0	30	0.9507	0.96
PI: 89	2	50	6.0	30	1.1469	1.15
PI: 90	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 91	2	25	6.0	30	2.0614	2.07
PI: 92	2	42	6.0	30	1.3245	1.33
PI: 93	2	58	6.0	30	1.0163	1.02
PI: 94	2	66	6.0	30	0.9159	0.92

PI: 95	2	321	6.0	30	0.2796	0.28
PI: 96	2	32	6.0	30	1.6654	1.67
PI: 97	2	78	6.0	30	0.8019	0.81
PI: 98	2	136	6.0	30	0.5221	0.53
PI: 99	2	153	6.0	30	0.4779	0.48
PI: 100	2	90	6.0	30	0.7167	0.72
PI: 101	2	120	6.0	30	0.5740	0.58
PI: 102	2	85	6.0	30	0.7495	0.75
PI: 103	2	55	6.0	30	1.0610	1.07
PI: 104	2	150	6.0	30	0.4850	0.49
PI: 105	2	150	6.0	30	0.4850	0.49
PI: 106	2	150	6.0	30	0.4850	0.49
PI: 107	2	60	6.0	40	1.1179	1.12
PI: 108	2	118	6.0	40	0.6735	0.68
PI: 109	2	70	6.0	40	0.9933	1
PI: 110	2	82	6.0	40	0.8813	0.89
PI: 111	2	151	6.0	40	0.5640	0.57
PI: 112	2	140	6.0	40	0.5953	0.6
PI: 113	2	125	6.0	40	0.6459	0.65
PI: 114	2	50	6.0	40	1.2883	1.29
PI: 115	2	50	6.0	40	1.2883	1.29
PI: 116	2	16.05	6.0	40	3.3258	3.33
PI: 117	2	41	6.0	40	1.5075	1.51
PI: 118	2	54	6.0	40	1.2131	1.22
PI: 119	2	455	6.0	40	0.2666	0.27
PI: 120	2	270	6.0	40	0.3768	0.38
PI: 121	2	403	6.0	40	0.2886	0.29
PI: 122	2	238	6.0	40	0.4106	0.42
PI: 123	2	71	6.0	40	0.9827	0.99
PI: 124	2	180	6.0	40	0.4982	0.5
PI: 125	2	100	6.0	40	0.7603	0.77
PI: 126	2	25	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 127	2	15	6.0	40	3.5373	3.54
PI: 128	2	66	6.0	40	1.0390	1.04
PI: 129	2	63	6.0	40	1.0767	1.08
PI: 130	2	619	6.0	40	0.2189	0.22
PI: 131	2	200	6.0	40	0.4629	0.47
PI: 132	2	138	6.0	40	0.6015	0.61
PI: 133	2	25	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 134	2	20	6.0	40	2.7369	2.74
PI: 135	2	70	6.0	40	0.9933	1
PI: 136	2	55	6.0	40	1.1959	1.2
PI: 137	2	50	6.0	40	1.2883	1.29
PI: 138	2	25	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 139	2	56.4	6.0	40	1.1727	1.18
PI: 140	2	120	6.0	40	0.6653	0.67
PI: 141	2	25	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 142	2	40	6.0	40	1.5376	1.54
PI: 143	2	150	6.0	40	0.5667	0.57
PI: 144	2	35	6.0	40	1.7124	1.72

PI: 145	2	25	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 146	2	30	6.0	40	1.9425	1.95
PI: 147	2	29	6.0	40	1.9977	2
PI: 148	2	50	6.0	40	1.2883	1.29
PI: 149	2	66	6.0	40	1.0390	1.04
PI: 150	2	94	6.0	40	0.7959	0.8
PI: 151	2	25 CC	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 152	2	35	6.0	40	1.7124	1.72
PI: 153	2	25	6.0	40	2.2614	2.27
PI: 154	2	49	6.0	40	1.3089	1.31
PI: 155	2	1000	6.0	40	0.1625	0.17
PI: 156	2	126	6.0	40	0.6422	0.65
PI: 157	2	460	6.0	40	0.2648	0.27
PI: 158	2	48	6.0	40	1.3303	1.34
PI: 160	2	143	6.0	40	0.5864	0.59
PI: 161	2	209	6.0	40	0.4490	0.45
PI: 162	2	194	6.0	40	0.4728	0.48
PI: 163	2	73	6.0	40	0.9622	0.97
PI: 164	2	90	6.0	40	0.8221	0.83

4.3.12 Diseño geométrico en perfil longitudinal

El perfil longitudinal viene a ser la sub-rasante, la que se encuentra constituida por una serie de rectas enlazadas por arcos verticales parabólicos, a los cuales dichas rectas son tangentes.

4.3.12.1 Curvas verticales

Las curvas verticales han sido proyectados buscando que las mismas permitan desarrollar al menos la distancia de visibilidad mínima de parada, de acuerdo a lo establecido en la DG-2013.

4.3.12.2 Pendientes

Dada la orografía de la zona de proyecto, el trazo de la carretera no presenta fuertes desniveles que obliguen a pendientes mayores a las recomendadas en la tabla 303.01 de la DG-2013.

4.3.12.2 Coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical

El diseño geométrico proyectado ha buscado en todo momento una coordinación entre el alineamiento horizontal y vertical, a fin de obtener un diseño cómodo, fácil y agradable para el usuario, que evite problemas en la perspectiva dinámica al recorrer la carretera, tales como sorpresas y desorientaciones.

La coordinación entre alineamientos ha tratado de seguir las recomendaciones indicadas en la Sección 601 “Coordinación del trazo en planta y perfil” del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras - DG-2013.

Tabla 33

Características geométricas del diseño

Sectores	Km 0+000 –	Km 4+220 –	Km 11+500 –
	Km 4+220	Km 11+500	Km 18+160
Velocidad Directriz	60 Km/h	30 km/h	40 km/h
Ancho de Calzada	6.60 m	6.00 m	6.00 m
Ancho de Berma	0.90 m	0.50 m	0.50 m
Bombeo	3.5 %	3.5 %	3.5 %
Radio Mínimo	26 m	11 m	20 m
Sobreancho Máximo	2.72	4.47	2.74
Peralte Máximo	12 %	12 %	12 %
Pendiente Máximo	8 %	10 %	8 %
Talud de Relleno	1.5H:1V	1.5H:1V	1.5H:1V
Talud de Corte	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material	De acuerdo al tipo de material
Cunetas			

4.3 Diseño hidraulico de estructuras de drenaje

4.3.1 Estudio hidrológico.

A. Análisis estadístico de precipitaciones máximas en 24 horas anuales en Sauce

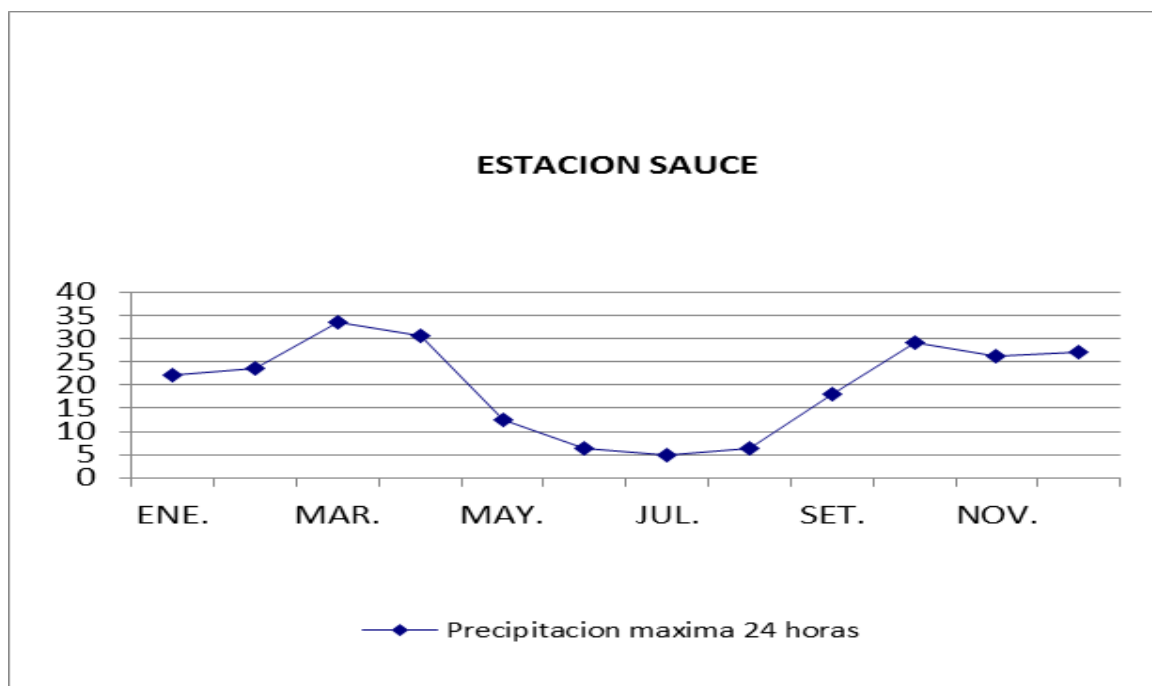
Estación Sauce – Dist. Sauce – Prov. San Martín - Dpto San Matín.

Código : Sauce - 0385

Latitud : 6° 41' 31" S

Longitud : 76° 12' 1" W

Altitud : 580 msnm

Tabla 34*Datos pluviométricos, registro de 25 Años*

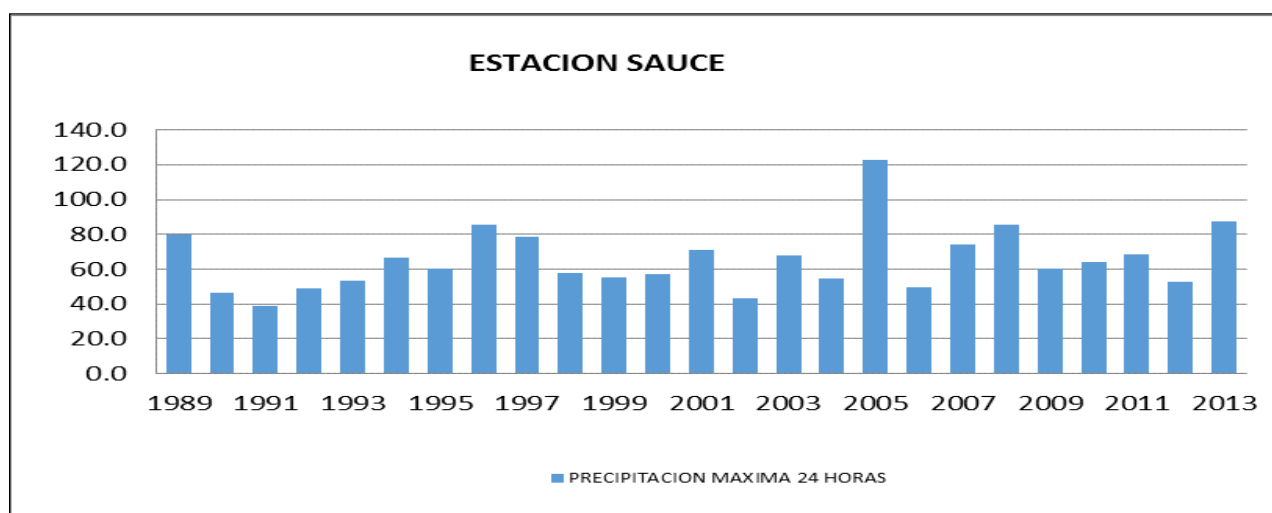
Que el régimen de precipitaciones de la zona es del tipo ecuatorial

A.1 Datos de máxima precipitación en 24 horas

Tabla 35*Datos de máxima precipitación en 24 Horas*

Año	Precipitación máxima 24 horas	
	Mes	Pmax (mm)
1989	Octubre	80.0
1990	Diciembre	46.2
1991	Abril	38.7
1992	Enero	48.8
1993	Febrero	53.1
1994	Junio	66.4
1995	Octubre	60.5
1996	Diciembre	85.6
1997	Febrero	78.8
1998	Junio	57.7
1999	Setiembre	55.2
2000	Mayo	57.0
2001	Abril	70.8
2002	Julio	43.4

2003	Junio	68.0
2004	Noviembre	54.5
2005	Abril	123.0
2006	Octubre	49.8
2007	Noviembre	74.1
2008	Febrero	85.7
2009	Setiembre	60.6
2010	Mayo	64.2
2011	Setiembre	68.8
2012	Diciembre	52.8
2013	Noviembre	87.2



En el Histograma se expresa la variación de la precipitación en función del tiempo (años). Se observa que la variación Precipitación Máxima se da en el año (Abril - 2005) de una banda de datos equivalente a 25 años.

B. Precipitación máxima en 24 horas

B.1 Calculo estadístico

Tabla 36

Cálculo estadístico

Año	P	Log P
1989	80.00	1.903
1990	46.20	1.665
1991	38.70	1.588
1992	48.80	1.688
1993	53.10	1.725
1994	66.40	1.822
1995	60.50	1.782

1996	85.60	1.932
1997	78.80	1.897
1998	57.70	1.761
1999	55.20	1.742
2000	57.00	1.756
2001	70.80	1.850
2002	43.40	1.637
2003	68.00	1.833
2004	54.50	1.736
2005	123.00	2.090
2006	49.80	1.697
2007	74.10	1.870
2008	85.70	1.933
2009	60.60	1.782
2010	64.20	1.808
2011	68.80	1.838
2012	52.80	1.723
2013	87.20	1.941
□□□	65.24	1.800
□□□	18.172	0.113
c.a. =	1.326	0.447
k =		0.074
=	25	

B.2 Precipitación máxima extremas en 24 horas

B.2.1. Distribución normal

Tabla 37

Distribución normal

T (años)	P	w	Z	P (mm)
2	0.5000	1.177	0.000	65
5	0.2000	1.794	0.841	81
10	0.1000	2.146	1.282	89
20	0.0500	2.448	1.645	95
25	0.0400	2.537	1.751	97
50	0.0200	2.797	2.054	103
100	0.0100	3.035	2.327	108
200	0.0050	3.255	2.576	112
500	0.0020	3.526	2.879	118

B.2.2. Distribución Log Normal

Tabla 38

Distribución Log normal

T (años)	P	w	Z	Log P	P (mm)
2	0.5000	1.177	0.000	1.800	63.1
5	0.2000	1.794	0.841	1.895	78.5
10	0.1000	2.146	1.282	1.944	88.0
20	0.0500	2.448	1.645	1.985	96.7
25	0.0400	2.537	1.751	1.997	99.4
50	0.0200	2.797	2.054	2.032	107.5
100	0.0100	3.035	2.327	2.062	115.4
200	0.0050	3.255	2.576	2.090	123.2
500	0.0020	3.526	2.879	2.125	133.2

B.2.3. Distribución Log Pearson III

Tabla 39

Distribución Log Pearson III

T (años)	P	w	z	KT	Log P	P (mm)	P _{corregido} (mm)
2	0.5000	1.177	0.00	-0.074	1.792	61.9	69.9
5	0.2000	1.794	0.84	0.812	1.891	77.9	88.0
10	0.1000	2.146	1.28	1.319	1.949	88.9	100.4
20	0.0500	2.448	1.65	1.762	1.999	99.7	112.6
25	0.0400	2.537	1.75	1.895	2.014	103.2	116.6
50	0.0200	2.797	2.05	2.286	2.058	114.2	129.1
100	0.0100	3.035	2.33	2.651	2.099	125.6	141.9
200	0.0050	3.255	2.58	2.997	2.138	137.4	155.2
500	0.0020	3.526	2.88	3.430	2.187	153.7	173.7

B.2.4. Distribución Extrema Tipo I – Gumbel

Tabla 40

Distribución Tipo I - Gumbel

T (años)	KT	P (mm)
2	-0.1643	62.3
5	0.7195	78.3
10	1.3046	88.9
20	1.8658	99.1
25	2.0438	102.4
50	2.5923	112.3
100	3.1367	122.2
200	3.6791	132.1
500	4.3947	145.1

C. Prueba de bondad de ajustes Kolmogorov - Smirnov

C.1 Datos Estadísticos

Normales

Media Arimética	=	65.236
Desviación Estándar	=	18.172
Coeficiente de Asimetría	=	1.326
Numero de datos	=	25
Variación del Coef. de Asimetría	=	0.240
Desv. Est. Coef. de Asimetría	=	0.490

Logarítmica

Media Aritmética	=	1.800
Desviación Estándar	=	0.113
Coeficiente de Asimetría	=	0.447
Numero de datos	=	25
Variación del Coef. de Asimetría	=	0.240
D.S. Coef As	=	0.490
K	=	0.074

C.2 Prueba Kolgomorov-Smirnov para distribución Normal

Tabla 41

Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución Normal

m	P(mm)	P _(p)		z	Probabilidad teórica (z)	$\square \square I F_{(z)} - P_{(p)} I$
		probabilidad empírica (m/n+1)				
1	123.0	0.038		3.179	0.999	0.961
2	87.2	0.077		1.209	0.887	0.810
3	85.7	0.115		1.126	0.870	0.755
4	85.6	0.154		1.121	0.869	0.715
5	80.0	0.192		0.812	0.792	0.599
6	78.8	0.231		0.746	0.772	0.542
7	74.1	0.269		0.488	0.687	0.418
8	70.8	0.308		0.306	0.620	0.313
9	68.8	0.346		0.196	0.578	0.232
10	68.0	0.385		0.152	0.560	0.176
11	66.4	0.423		0.064	0.526	0.102
12	64.2	0.462		-0.057	0.477	0.016
13	60.6	0.500		-0.255	0.399	0.101
14	60.5	0.538		-0.261	0.397	0.141

15	57.7	0.577	-0.415	0.339	0.238
16	57.0	0.615	-0.453	0.325	0.290
17	55.2	0.654	-0.552	0.290	0.363
18	54.5	0.692	-0.591	0.277	0.415
19	53.1	0.731	-0.668	0.252	0.479
20	52.8	0.769	-0.684	0.247	0.522
21	49.8	0.808	-0.849	0.198	0.610
22	48.8	0.846	-0.904	0.183	0.663
23	46.2	0.885	-1.048	0.147	0.737
24	43.4	0.923	-1.202	0.115	0.808
25	38.7	0.962	-1.460	0.072	0.889

Max □ □ 0.961

C.3 Prueba Kolgomorov-Smirnov para distribución Log Normal

Tabla 42

Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución Log Normal

M	logP (mm)	P _(P) probabilidad empírica (m/n+1)	z	Probabilidad teórica F(z)	□ □ □ I F _(z) -P _(P) I
1	2.090	0.038	2.571	0.995	0.956
2	1.941	0.077	1.247	0.894	0.817
3	1.933	0.115	1.180	0.881	0.766
4	1.932	0.154	1.175	0.880	0.726
5	1.903	0.192	0.915	0.820	0.628
6	1.897	0.231	0.857	0.804	0.573
7	1.870	0.269	0.620	0.732	0.463
8	1.850	0.308	0.444	0.672	0.364
9	1.838	0.346	0.334	0.631	0.285
10	1.833	0.385	0.289	0.614	0.229
11	1.822	0.423	0.197	0.578	0.155
12	1.808	0.462	0.068	0.527	0.065
13	1.782	0.500	-0.155	0.439	0.061
14	1.782	0.538	-0.161	0.436	0.102
15	1.761	0.577	-0.344	0.366	0.211
16	1.756	0.615	-0.391	0.348	0.267
17	1.742	0.654	-0.514	0.304	0.350
18	1.736	0.692	-0.563	0.287	0.406
19	1.725	0.731	-0.663	0.254	0.477
20	1.723	0.769	-0.685	0.247	0.523
21	1.697	0.808	-0.911	0.181	0.626
22	1.688	0.846	-0.989	0.161	0.685
23	1.665	0.885	-1.199	0.115	0.769
24	1.637	0.923	-1.440	0.075	0.848
25	1.588	0.962	-1.882	0.030	0.932
				Max □ □	0.956

C.4 Prueba Kolgomorov-Smirnov para distribución Log Pearson

Tabla 43

Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución Log Normal

m	lnP(mm)	P _(P)		Y	2Ym	2□ ₁	Probabilidad	
		probabilidad empírica (m/n+1)	(lnP-x) ³ /(n*s ³)				teórica F(z)	□□ I F _(z) - P _(P) I
1	2.09	0.038	0.607	6.0402	12.0804	4.4284	0.934	0.896
2	1.94	0.077	0.069	4.1695	8.3389	4.4284	0.898	0.821
3	1.93	0.115	0.059	4.0647	8.1293	4.4284	0.884	0.768
4	1.93	0.154	0.058	4.0576	8.1152	4.4284	0.849	0.696
5	1.90	0.192	0.027	3.6490	7.2980	4.4284	0.800	0.607
6	1.90	0.231	0.022	3.5577	7.1154	4.4284	0.761	0.530
7	1.87	0.269	0.009	3.1863	6.3725	4.4284	0.732	0.463
8	1.85	0.308	0.003	2.9111	5.8223	4.4284	0.726	0.418
9	1.84	0.346	0.001	2.7381	5.4761	4.4284	0.713	0.367
10	1.83	0.385	0.001	2.6674	5.3348	4.4284	0.708	0.324
11	1.82	0.423	0.000	2.5236	5.0472	4.4284	0.637	0.214
12	1.81	0.462	0.000	2.3201	4.6402	4.4284	0.608	0.147
13	1.78	0.500	0.000	1.9716	3.9432	4.4284	0.570	0.070
14	1.78	0.538	0.000	1.9616	3.9232	4.4284	0.534	0.004
15	1.76	0.577	-0.001	1.6754	3.3508	4.4284	0.511	0.066
16	1.76	0.615	-0.002	1.6017	3.2034	4.4284	0.451	0.164
17	1.74	0.654	-0.005	1.4079	2.8158	4.4284	0.448	0.206
18	1.74	0.692	-0.006	1.3308	2.6616	4.4284	0.407	0.285
19	1.73	0.731	-0.010	1.1736	2.3473	4.4284	0.378	0.353
20	1.72	0.769	-0.011	1.1394	2.2788	4.4284	0.226	0.543
21	1.70	0.808	-0.027	0.7861	1.5723	4.4284	0.132	0.676
22	1.69	0.846	-0.035	0.6636	1.3272	4.4284	0.127	0.719
23	1.66	0.885	-0.062	0.3329	0.6659	4.4284	0.121	0.764
24	1.64	0.923	-0.107	-0.0447	-0.0893	4.4284	0.121	0.802
25	1.59	0.962	-0.238	-0.7369	-1.4738	4.4284	0.056	0.906
							Max □□	0.906

C.5 Prueba Kolgomorov-Smirnov para distribución Gumbel

Tabla 44*Prueba Kolgomorov – Smirnov para distribución Gumbel*

Intervalo	P(mm)	P _(P) probabilidad empírica (m/n+1)	P-x /S	$\square(P-\square)$	Probabilidad teórica F(z)	$\square\square I F_{(z)} - P_{(P)}I$
1	123.0	1.040	3.179	4.0435	0.983	0.057
2	87.2	1.080	1.209	1.8685	0.857	0.223
3	85.7	1.120	1.126	1.7774	0.844	0.276
4	85.6	1.160	1.121	1.7713	0.844	0.316
5	80.0	1.200	0.812	1.4311	0.787	0.413
6	78.8	1.240	0.746	1.3582	0.773	0.467
7	74.1	1.280	0.488	1.0726	0.710	0.570
8	70.8	1.320	0.306	0.8721	0.658	0.662
9	68.8	1.360	0.196	0.7506	0.624	0.736
10	68.0	1.400	0.152	0.7020	0.609	0.791
11	66.4	1.440	0.064	0.6048	0.579	0.861
12	64.2	1.480	-0.057	0.4712	0.536	0.944
13	60.6	1.520	-0.255	0.2524	0.460	1.060
14	60.5	1.560	-0.261	0.2464	0.458	1.102
15	57.7	1.600	-0.415	0.0763	0.396	1.204
16	57.0	1.640	-0.453	0.0337	0.380	1.260
17	55.2	1.680	-0.552	-0.0756	0.340	1.340
18	54.5	1.720	-0.591	-0.1182	0.325	1.395
19	53.1	1.760	-0.668	-0.2032	0.294	1.466
20	52.8	1.800	-0.684	-0.2214	0.287	1.513
21	49.8	1.840	-0.849	-0.4037	0.224	1.616
22	48.8	1.880	-0.904	-0.4645	0.204	1.676
23	46.2	1.920	-1.048	-0.6224	0.155	1.765
24	43.4	1.960	-1.202	-0.7925	0.110	1.850
25	38.7	2.000	-1.460	-1.0781	0.053	1.947
					Max $\square\square$	1.947

Conclusión: Todas las distribuciones analizadas se ajustan a los datos. La que mejor de ajusta es la de Gumbel.

Prueba Kolgomorov-Smirnov para la Distribución:

Normal 0.9608

Log Normal 0.9565

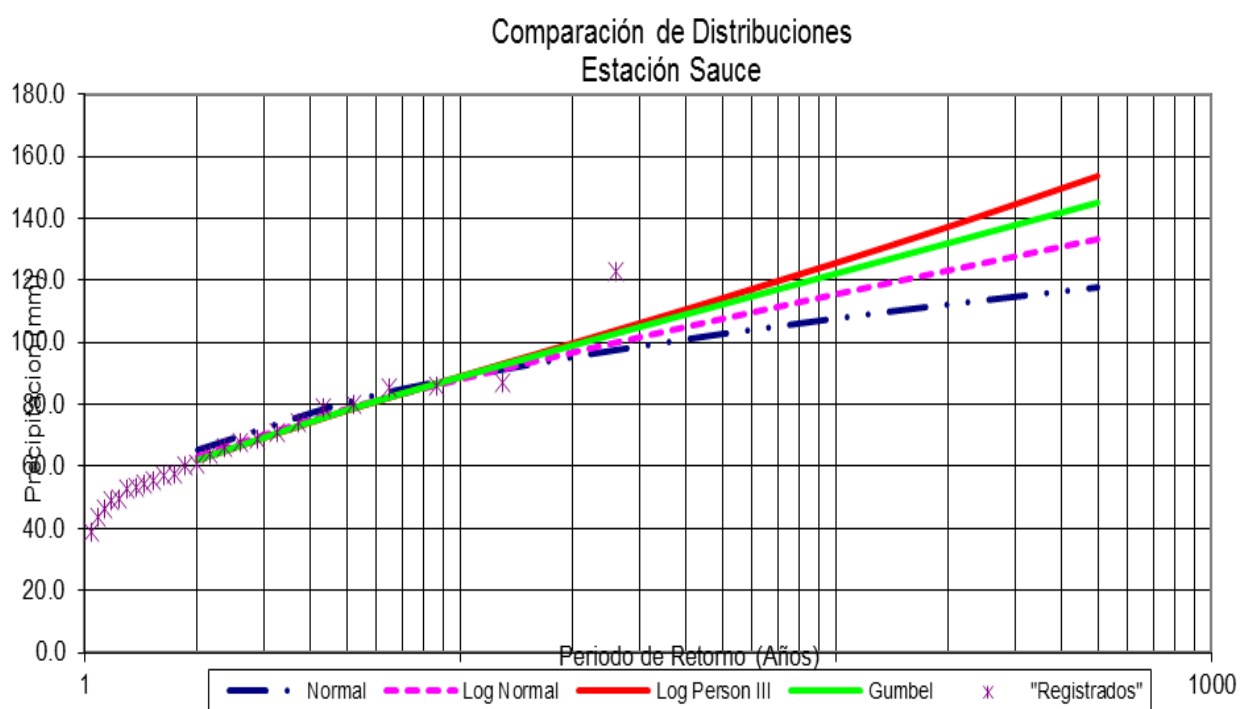
Log Pearson III 0.9056

Gumbel 1.9471

Min D = 0.9056 → Log Pearson III

0.9565 → Log Normal

T (años)	Normal	Log. Normal	Log Pearson III	Gumbel	Diseño
2	65.2	63.1	61.9	62.3	69.9
5	80.5	78.5	77.9	78.3	88.0
10	88.5	88.0	88.9	88.9	100.4
20	95.1	96.7	99.7	99.1	112.6
25	97.1	99.4	103.2	102.4	116.6
50	102.6	107.5	114.2	112.3	129.1
100	107.5	115.4	125.6	122.2	141.9
200	112.1	123.2	137.4	132.1	155.2
500	117.5	133.2	153.7	145.1	145.1
Máximo Registrado:		123.00	mm		Nº Datos: 25

**Tabla 45***Lluvias máximas (mm) – Estación Sauce*

T años	P.Max	Duración en minutos					
	24 horas	5	10	15	20	30	60
200	155.2	13.1	19.6	24.0	27.3	32.5	42.7
100	141.9	11.9	17.9	21.8	24.9	29.6	38.9
50	129.1	10.8	16.1	19.7	22.5	26.7	35.1
25	116.6	9.6	14.4	17.6	20.0	23.8	31.3
10	100.4	8.1	12.1	14.7	16.8	20.0	26.1
5	88.0	6.9	10.3	12.6	14.4	17.1	22.5

Fuente: Modelo de Bell

D. Resultado del análisis de regresión

Constante:	2.19791	
Err. Estandar de est. Y:	0.01807179	
R cuadrada:	0.993015024	
Núm de observaciones:	38	
Grado de Libertad:	35	
Coefficiente (s) X:	0.17426899	-0.52740205
Error estandar de coef:	0.00529881	0.00873947

Log K=	2.1979	K=	157.73
		m=	0.174
		n=	0.527
		$I = \frac{166.92 T^{0.174}}{t^{0.528}}$	
Donde:			
	I= mm/h		
	T= años		
	t= minutos		

E. Intensidad máxima – estación Sauce (mm/h)

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

$$K = 157.73$$

$$m = 0.174$$

$$n = 0.527$$

Tabla 46*Intensidad Máxima – Estación Sauce (mm/h)*

Duración (t) (minutos)	Período de Retorno (T) en años		
	20	50	100
10	78.93	92.60	104.48
20	54.76	64.24	72.49
30	44.22	51.87	58.53
40	37.99	44.57	50.29
50	33.78	39.62	44.71
60	30.68	35.99	40.61
70	28.28	33.18	37.44
80	26.36	30.92	34.89
90	24.77	29.06	32.79
100	23.43	27.49	31.02
110	22.28	26.14	29.50
120	21.29	24.97	28.18

Y	X1	X2
Log (I)	Log (T)	Log (t)
2.196453	2.301030	0.698970
2.155943	2.000000	0.698970
2.111263	1.698970	0.698970
2.061075	1.397940	0.698970
1.984977	1.000000	0.698970
1.916980	0.698970	0.698970
2.070407	2.301030	1.000000
2.029789	2.000000	1.000000
1.985426	1.698970	1.000000
1.935507	1.397940	1.000000
1.859138	1.000000	1.000000
1.790988	0.698970	1.000000
1.981819	2.301030	1.176091
1.941014	2.000000	1.176091
1.896526	1.698970	1.176091
1.846337	1.397940	1.176091
1.770115	1.000000	1.176091
1.702431	0.698970	1.176091
1.913814	2.301030	1.301030
1.873321	2.000000	1.301030
1.828660	1.698970	1.301030
1.778874	1.397940	1.301030
1.702431	1.000000	1.301030
1.634477	0.698970	1.301030
1.813581	2.301030	1.477121
1.773055	2.000000	1.477121
1.728354	1.698970	1.477121
1.678518	1.397940	1.477121
1.602060	1.000000	1.477121
1.534026	0.698970	1.477121
1.534026	0.698970	1.477121
1.630428	2.301030	1.778151
1.589950	2.000000	1.778151
1.545307	1.698970	1.778151
1.495544	1.397940	1.778151
1.416641	1.000000	1.778151
1.352183	0.698970	1.778151

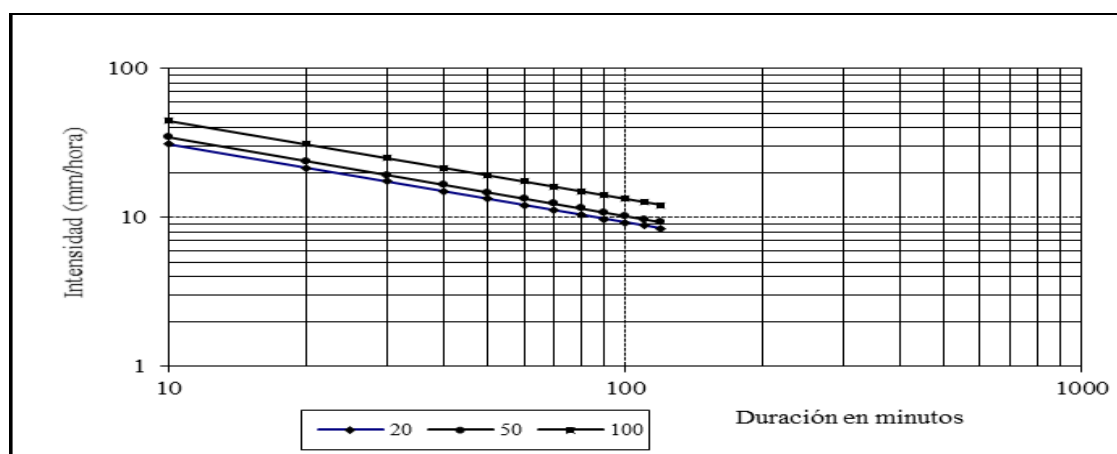


Figura 21: Intensidad máxima – Estación Sauce

F. Precipitaciones de diseño para duraciones menores a 24 horas

i. Precipitaciones Pmax 24 horas, T= 500 años. 145.09

Tabla 47

Precipitación Pmax 24 Horas, T=500 años

D (min)	D (horas)	P (mm)	I (mm/hr)
10	0.17	41.89	251.31
20	0.33	49.81	149.43
30	0.50	55.12	110.25
40	0.67	59.23	88.85
50	0.83	62.63	75.16
60	1.00	65.55	65.55
70	1.17	68.13	58.40
80	1.33	70.44	52.83
90	1.50	72.55	48.36
100	1.67	74.48	44.69
110	1.83	76.28	41.61
120	2.00	77.96	38.98
130	2.17	79.53	36.71
140	2.33	81.02	34.72
150	2.50	82.43	32.97
160	2.67	83.77	31.41
170	2.83	85.05	30.02
180	3.00	86.27	28.76
190	3.17	87.45	27.62
200	3.33	88.58	26.57
210	3.50	89.66	25.62
220	3.67	90.71	24.74
230	3.83	91.73	23.93
240	4.00	92.71	23.18

300	5.00	98.03	19.61
360	6.00	102.60	17.10
420	7.00	106.63	15.23
480	8.00	110.25	13.78
600	10.00	116.57	11.66
660	11.00	119.38	10.85
720	12.00	122.01	10.17

ii. Precipitaciones Pmax 24 horas, T= 100 años. 141.90

Tabla 48

Precipitación Pmax 24 Horas, T=100 años

D (min)	D (horas)	P (mm)	I (mm/hr)
10	0.17	40.96	245.78
20	0.33	48.71	146.14
30	0.50	53.91	107.82
40	0.67	57.93	86.90
50	0.83	61.25	73.51
60	1.00	64.11	64.11
70	1.17	66.63	57.11
80	1.33	68.89	51.67
90	1.50	70.95	47.30
100	1.67	72.84	43.71
110	1.83	74.60	40.69
120	2.00	76.24	38.12
130	2.17	77.78	35.90
140	2.33	79.24	33.96
150	2.50	80.62	32.25
160	2.67	81.93	30.72
170	2.83	83.18	29.36
180	3.00	84.37	28.12
190	3.17	85.52	27.01
200	3.33	86.63	25.99
210	3.50	87.69	25.05
220	3.67	88.72	24.20
230	3.83	89.71	23.40
240	4.00	90.67	22.67
300	5.00	95.87	19.17
360	6.00	100.34	16.72
420	7.00	104.28	14.90
480	8.00	107.82	13.48
600	10.00	114.01	11.40
660	11.00	116.76	10.61
720	12.00	119.32	9.94

iii. Precipitaciones Pmax 24 horas, T= 50 años. 129.06

Tabla 49

Precipitación Pmax 24 Horas, T=50 años

D (min)	D (horas)	P (mm)	I (mm/hr)
10	0.17	37.26	223.54
20	0.33	44.31	132.92
30	0.50	49.03	98.07
40	0.67	52.69	79.03
50	0.83	55.71	66.85
60	1.00	58.31	58.31
70	1.17	60.60	51.94
80	1.33	62.66	46.99
90	1.50	64.53	43.02
100	1.67	66.25	39.75
110	1.83	67.85	37.01
120	2.00	69.34	34.67
130	2.17	70.74	32.65
140	2.33	72.07	30.89
150	2.50	73.32	29.33
160	2.67	74.51	27.94
170	2.83	75.65	26.70
180	3.00	76.74	25.58
190	3.17	77.78	24.56
200	3.33	78.79	23.64
210	3.50	79.76	22.79
220	3.67	80.69	22.01
230	3.83	81.59	21.28
240	4.00	82.46	20.62
300	5.00	87.19	17.44
360	6.00	91.26	15.21
420	7.00	94.85	13.55
480	8.00	98.07	12.26
600	10.00	103.69	10.37
660	11.00	106.19	9.65
720	12.00	108.53	9.04

iv. Precipitaciones Pmax 24 horas, T= 25 años. 116.59

Tabla 50

Precipitación Pmax 24 Horas, T=25 años

D (min)	D (horas)	P (mm)	I (mm/hr)
10	0.17	33.66	201.94
20	0.33	40.03	120.08
30	0.50	44.30	88.59
40	0.67	47.60	71.40
50	0.83	50.33	60.40
60	1.00	52.68	52.68
90	1.50	58.30	38.86
120	2.00	62.64	31.32
240	4.00	74.50	18.62
360	6.00	82.44	13.74
420	7.00	85.68	12.24
480	8.00	88.59	11.07
600	10.00	93.67	9.37
660	11.00	95.93	8.72
720	12.00	98.04	8.17

v. Precipitaciones Pmax 24 horas, T= 10 años. 100.41

Tabla 51

Precipitación Pmax 24 Horas, T=10 años

D (min)	D (horas)	P (mm)	I (mm/hr)
10	0.17	28.98	173.91
20	0.33	34.47	103.41
30	0.50	38.15	76.29
40	0.67	40.99	61.49
50	0.83	43.34	52.01
60	1.00	45.36	45.36
90	1.50	50.20	33.47
120	2.00	53.95	26.97
240	4.00	64.15	16.04
360	6.00	71.00	11.83
420	7.00	73.79	10.54
480	8.00	76.29	9.54
600	10.00	80.67	8.07
660	11.00	82.61	7.51
720	12.00	84.43	7.04

G. Parámetros geomorfológicos de las cuencas

Tabla 52

Parámetros geomorfológicos de las cuencas

Cuenca	Progresiva (Km)	Nombre	Parámetros geomorfológicos					
			Area Cuenca (Km ²)	Cota Superior (msnm)	Cota Inferior (msnm)	Desnivel (msnm)	Longitud (km)	Pendiente Cuenca S (mm/mm)
C-1	14+081	Aguajal	0.18	963.0	694.0	269.0	0.98	0.273
C-2	15+686	Basural	0.31	947.0	648.0	299.0	1.34	0.223
C-3	16+040	Pastisal	0.21	898.0	651.0	247.0	1.04	0.238
C-4	16+178	La Posada	0.17	820.0	643.0	177.0	0.73	0.24147
C-5	17+138	Machurruno	0.29	892.0	637.0	255.0	1.62	0.15731
C-6	17+343	Machurruno II	0.16	750.0	631.0	119.0	0.67	0.17761

H. Método de hidrograma unitario triangular

Tabla 53

Hidrograma unitario triangular

Tiempo de retraso tr(horas)	Tiempo de pico tp(horas)	Tiempo base tb(horas)	Caudal unitario qp (m ³ /s/mm)	Número de curva N	Altura de lluvia P (cm)		Lluvia efectiva Pe(mm)		Caudal máximo (m ³ /seg)	
					Tr=100	Tr=200	Tr=100	Tr=200	Tr=100	Tr=200
1.30	2.99	7.98	0.01	77	8.90	3.14	36.39	2.85	0.4	0.0
1.45	2.34	6.25	0.03	77	8.53	3.80	33.66	5.28	1.0	0.2
1.34	2.14	5.71	0.02	77	8.39	3.54	32.70	4.26	0.7	0.1
1.92	3.15	8.41	0.01	77	8.98	3.14	37.00	2.85	0.4	0.0
0.89	1.38	3.68	0.04	77	7.78	3.99	28.29	6.10	1.1	0.2
1.57	2.54	6.78	0.01	77	8.65	3.14	34.55	2.85	0.4	0.0

Subcuenca	Ubicación (Km)	Nombre	Area (Km ²)	Cota Superior (msnm)	Cota Inferior (msnm)	Desnivel H (m)	Longitud de cauce L (Km)	Pendiente S(m/m)	Tiempo de concentración tc(horas)			
									Kirpich	US Corp of Engineers	Hataway	Tc elegido
C-1	14+081	Aguajal	0.18	963.0	694	269.00	9.81	0.027	1.55	3.38	1.33	3.38
C-2	15+686	Basural	0.31	947.0	648	299.00	11.41	0.026	1.76	3.82	1.44	1.76
C-3	16+040	Pastisal	0.21	898.0	651	247.00	9.85	0.025	1.60	3.44	1.36	1.60
C-4	16+178	La Posada	0.17	820.0	643	177.00	12.90	0.014	2.46	4.71	1.77	2.46
C-5	17+138	Machurruno	0.29	892.0	637	255.00	6.52	0.039	0.98	2.31	1.01	0.98
C-6	17+343	Machurruno II	0.16	750.0	631	119.00	9.11	0.013	1.94	3.67	1.53	1.94

I. Análisis de riachuelos

i. Método racional

$$\begin{aligned}
 K &= 157.73 \\
 m &= 0.174 \\
 n &= 0.527 \\
 P_{\max} &= 155.22
 \end{aligned}$$

Tabla 54

Análisis de Riachuelo – Método Racional

N°	Progresiva (Km)	Area (Km ²)	Longitud del Cauce (Km)	Cota Superior (msnm)	Cota Inferior (msnm)	Desnivel	Pendiente (m/m)	Kirpich	Tc (hrs)		Tc elegido	C	Intensidad (I)	Q (m ³ /s)
									US Corp of Engineers	Hataway				
C-1	14+081	0.1800	0.9840	963.0	694.0	269	0.2734	0.11	0.38	0.27	0.38	0.47	73.12	1.72
C-2	15+686	0.3100	1.3400	947.0	648.0	299	0.2231	0.15	0.50	0.33	0.50	0.47	63.31	2.56
C-3	16+040	0.2100	1.0400	898.0	651.0	247	0.2375	0.12	0.41	0.29	0.41	0.47	70.52	1.93
C-4	16+178	0.1700	0.7330	820.0	643.0	177	0.2415	0.09	0.31	0.24	0.31	0.47	81.27	1.80
C-5	17+138	0.2900	1.6210	892.0	637.0	255	0.1573	0.20	0.62	0.36	0.62	0.39	56.64	1.78
C-6	17+343	0.1600	0.6700	750.0	631.0	119	0.1776	0.09	0.31	0.25	0.31	0.47	81.70	1.71

A continuación abordamos los diversos elementos del sistema de drenaje previsto en el estudio.

J. Caudal de diseño:

Caudal calculado en función al area de aporte de la longitud de la cuneta mediante el Método Racional.

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

$$C = 0.5$$

$$I = 153.66 \text{ mm/h}$$

$$A = 14235 \text{ m}^2 = 1.4235 \text{ Hect. (Área mayor Calculado)}$$

$$Q = \frac{0.5 \times 153.66 \times 14235}{3600}$$

$$Q = 303.8 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3.2 Tipo de estructura a diseñar

4.3.2.1 Alcantarilla:

Alcantarilla TMC ø 36" y 48"

Se denomina así a las tuberías formadas por planchas de acero corrugado galvanizado, unidas con pernos. Esta tubería es un producto de gran resistencia con costuras empernadas que confieren mayor capacidad estructural, formando una tubería hermética, de fácil armado; su sección puede ser circular, elíptica, abovedada o de arco; en el caso del presente proyecto serán únicamente circulares.

Los materiales para la instalación de tubería corrugada deben satisfacer los siguientes requerimientos:

El cálculo hidraulico se determina mediante la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{Ax R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

En función al diámetro a utilizar:

$$A_c = 0.5768 D^2$$

$$V_c = \sqrt{2gH_c} \quad H_c = 0.6887D$$

$$P_m = 1.9578D$$

$$R = 0.2946D$$

Entonces se tiene:

$$\rightarrow Q = 0.5768D^2 \sqrt{2g(0.6887D)}$$

Para un caudal: Q= 0.3 m3/seg.

$$0.3^2 = [0.5768D^2 \sqrt{2g0.6887}]^2$$

$$D^5 = 0.02$$

$$D = 0.457 \text{ m} = 18.28 \text{ pulg}$$

Diametro Comercial: 48 pulg.

Calculando la Pendiente.

Datos:

$$Q = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

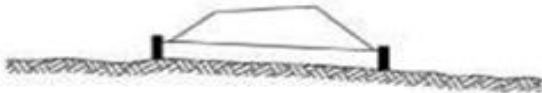
$$n = 0.021 \text{ metal corrugado}$$

$$A = 0.857 \text{ m}^2$$

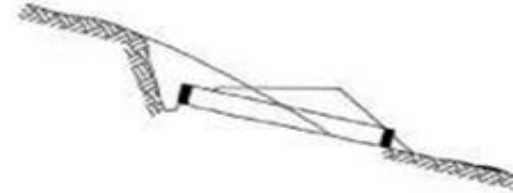
$$R = 0.358 \text{ m}$$

$$S = \left[\frac{Q \cdot n}{A \cdot R^{2/3}} \right]^2$$

a) SIGUIENDO LA PENDIENTE NATURAL DEL CAUCE



b) ENTRADA BAJO LA PENDIENTE NATURAL



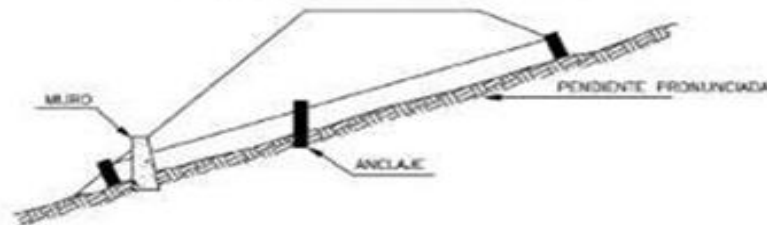
c) SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL



d) ENTRADA BAJO Y SALIDA SOBRE LA PENDIENTE NATURAL



e) PENDIENTES PRONUNCIADAS

ANUAL DE
ARRETERAS

UBICACIÓN TÍPICA DE ALCANTARILLAS RESPECTO A LA PENDIENTE DEL CAUCE

LÁMINA
01**Figura 22:** Ubicación de Alcantarillas de acuerdo a la Sección Transversal

Tabla 55*Parámetros geomorfológicos en alcantarillas*

N°		Progresiva (Km)	Longitud de Cauce (m)	Ancho (m) (Calzada+Berma+Cuneta+Talud)	Áreas m2
Alcant. 01		0+659.50	120.0	14.50	1,740.0
Alcant. 02		02+920	130.0	14.50	1,885.0
Alcant. 03		03+393	310.0	14.50	4,495.0
Alcant. 04		03+721.80	440.0	14.50	6,380.0
Alcant. 05		04+290	260.0	14.50	3,770.0
Alcant. 06		05+517	263.0	14.50	3,813.5
Alcant. 08		07+243	89.0	14.50	1,290.5
Alcant. 09		07+329	550.0	14.50	7,975.0
Alcant. 10		08+754	280.0	14.50	4,060.0
Alcant. 11		09+458	170.0	14.50	2,465.0
Alcant. 12		09+600	190.0	14.50	2,755.0
Alcant. 13		09+937	353.0	14.50	5,118.5
Alcant. 14		10+310	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 15		11+225	478.0	14.50	6,931.0
Alcant. 16		12+022	330.0	14.50	4,785.0
Alcant. 17		12+805	730.0	14.50	10,585.0
Alcant. 18	Alcantarilla para Reemplazar	13+387	415.5	14.50	6,024.8
Alcant. 19		13+628	238.5	14.50	3,458.3
Alcant. 20		13+720	85.5	14.50	1,239.8
Alcant. 21		14+081.5	471.0	14.50	6,829.5
			Área de Cause de Riachuelo		180,000.0
Alcant. 22		14+515	323.0	14.50	4,683.5
Alcant. 23		14+910	275.0	14.50	3,987.5
Alcant. 24		15+110	160.0	14.50	2,320.0
Alcant. 25		15+594	270.0	14.50	3,915.0
Alcant. 26		15+568	200.0	14.50	2,900.0
Alcant. 27		15+686	Área de Cause de Riachuelo		250,000.0
Alcant. 28		16+040	Área de Cause de Riachuelo		210,000.0
Alcant. 29		16+178	Área de Cause de Riachuelo		170,000.0
Alcant. 30		16+310	130.0	14.50	1,885.0
Alcant. 31		16+610	342.0	14.50	4,959.0
Alcant. 32		16+718	258.0	14.50	3,741.0
Alcant. 33		17+138	Área de Cause de Riachuelo		230,000.0
Alcant. 34		17+342	Área de Cause de Riachuelo		160,000.0
Alcant. 35		17+834	312.0	14.50	4,524.0
Alcant. 36		06+070	170.0	14.50	2,465.0
Alcant. 37		07+243	80.0	14.50	1,160.0
Alcant. 38		08+016	360.0	14.50	5,220.0
Alcant. 39	Alcantarilla a Proyectar	08+258	220.0	14.50	3,190.0
Alcant. 40		08+500	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 41		09+010	330.0	14.50	4,785.0
Alcant. 42		09+347	80.0	14.50	1,160.0
Alcant. 43		09+792	157.0	14.50	2,276.5

Alcant. 44		10+565	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 45		10+790	250.0	14.50	3,625.0
Alcant. 46		11+055	172.0	14.50	2,494.0
Alcant. 47		12+268	150.0	14.50	2,175.0
Alcant. 48		14+741	227.0	14.50	3,291.5
Alcant. 49		15+035	20.0	14.50	290.0
Alcant. 50		15+190	140.0	14.50	2,030.0
Alcant. 51		15+766	80.0	14.50	1,160.0
Badén 01		00+155			
Badén 02		00+910			
Badén 03	Badenes	01+815			
Badén 04		02+355			
Badén 05		04+026			

Tabla 56*Cálculo de caudal de diseño en alcantarilla***Calculo de caudal - drenaje**

N°		Progresiva (Km)	Area (m2)	C	Intensidad (l)	Q (lt/s)	Q (m3/s)
Alcant. 01		0+659.50	1,740.0	0.5	201.94	48.80	0.05
Alcant. 02		02+920	1,885.0	0.50	201.94	52.87	0.05
Alcant. 03		03+393	4,495.0	0.50	201.94	126.07	0.13
Alcant. 04		03+721.80	6,380.0	0.50	201.94	178.94	0.18
Alcant. 05		04+290	3,770.0	0.50	201.94	105.74	0.11
Alcant. 06		05+517	3,813.5	0.50	201.94	106.96	0.11
Alcant. 08		07+243	1,290.5	0.50	201.94	36.19	0.04
Alcant. 09		07+329	7,975.0	0.50	201.94	223.68	0.22
Alcant. 10		08+754	4,060.0	0.50	201.94	113.87	0.11
Alcant. 11		09+458	2,465.0	0.50	201.94	69.14	0.07
Alcant. 12		09+600	2,755.0	0.50	201.94	77.27	0.08
Alcant. 13		09+937	5,118.5	0.50	201.94	143.56	0.14
Alcant. 14		10+310	3,625.0	0.50	201.94	101.67	0.10
Alcant. 15	Alcantarilla para Reemplazar	11+225	6,931.0	0.50	201.94	194.40	0.19
Alcant. 16		12+022	4,785.0	0.50	201.94	134.21	0.13
Alcant. 17		12+805	10,585.0	0.50	201.94	296.88	0.30
Alcant. 18		13+387	6,024.8	0.50	201.94	168.98	0.17
Alcant. 19		13+628	3,458.3	0.50	201.94	96.99	0.10
Alcant. 20		13+720	1,239.8	0.50	201.94	34.77	0.03
Alcant. 21		14+081.5	6,829.5	0.50	201.94	191.55	0.19
			180,000.0	0.50	73.12	1,828.00	1.83
Alcant. 22		14+515	4,683.5	0.50	201.94	131.36	0.13
Alcant. 23		14+910	3,987.5	0.50	201.94	111.84	0.11
Alcant. 24		15+110	2,320.0	0.50	201.94	65.07	0.07
Alcant. 25		15+594	3,915.0	0.50	201.94	109.80	0.11
Alcant. 26		15+568	2,900.0	0.50	201.94	81.34	0.08
Alcant. 27		15+686	250,000.0	0.50	63.31	2,198.26	2.20
Alcant. 28		16+040	210,000.0	0.50	70.52	2,056.83	2.06

Alcant. 29		16+178	170,000.0	0.50	81.27	1,918.88	1.92
Alcant. 30		16+310	1,885.0	0.50	201.94	52.87	0.05
Alcant. 31		16+610	4,959.0	0.50	201.94	139.09	0.14
Alcant. 32		16+718	3,741.0	0.50	201.94	104.92	0.10
Alcant. 33		17+138	230,000.0	0.50	56.64	1,809.33	1.81
Alcant. 34		17+342	160,000.0	0.50	81.70	1,815.56	1.82
Alcant. 35		17+834	4,524.0	0.50	201.94	126.89	0.13
Alcant. 36		06+070	2,465.0	0.50	201.94	69.14	0.07
Alcant. 37		07+243	1,160.0	0.50	201.94	32.53	0.03
Alcant. 38		08+016	5,220.0	0.50	201.94	146.41	0.15
Alcant. 39		08+258	3,190.0	0.50	201.94	89.47	0.09
Alcant. 40		08+500	3,625.0	0.50	201.94	101.67	0.10
Alcant. 41		09+010	4,785.0	0.50	201.94	134.21	0.13
Alcant. 42		09+347	1,160.0	0.50	201.94	32.53	0.03
Alcant. 43	Alcantarilla Proyectados	09+792	2,276.5	0.50	201.94	63.85	0.06
Alcant. 44		10+565	3,625.0	0.50	201.94	101.67	0.10
Alcant. 45		10+790	3,625.0	0.50	201.94	101.67	0.10
Alcant. 46		11+055	2,494.0	0.50	201.94	69.95	0.07
Alcant. 47		12+268	2,175.0	0.50	201.94	61.00	0.06
Alcant. 48		14+741	3,291.5	0.50	201.94	92.32	0.09
Alcant. 49		15+035	290.0	0.50	201.94	8.13	0.01
Alcant. 50		15+190	2,030.0	0.50	201.94	56.94	0.06
Alcant. 51		15+766	1,160.0	0.50	201.94	32.53	0.03

Tabla 55

Sección hidráulica de las alcantarillas a proyectar

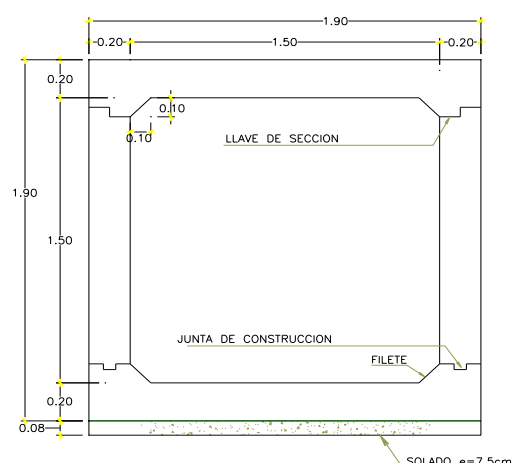
VERIFICACIÓN DE LA SECCIÓN HIDRAULICA DE LAS ALCANTARILLAS A PROYECTAR Y/O REEMPLAZAR

N°	Progresiva (Km)	Tipo de Estructura	Caudal Q (m³/Seg)	Dimensiones				Coef. de rugosidad "n"	Sa	hc (m)	Vc (m/seg)	q (m³/s)	T(m)	α	P (m)	Ac (m²)	R (m)	Sc	h ₁₋₂ (m)	V ₁ (m/seg)	He (m)	Altura H _t (m)	Δ=(H-H _t)	Verificación
				b (m)	y(m)	H(m)	D (pulg)																	
Alcant. 01	00+665	TMC	0.04	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.107	1.024		0.588	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0010	0.0430	0.06	0.20	0.30	0.6	OK
Alcant. 02	02+920	TMC	0.04	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.111	1.046		0.598	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0010	0.0431	0.07	0.21	0.32	0.6	OK
Alcant. 03	03+680	TMC	0.08	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.144	1.187		0.786	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.0440	0.10	0.26	0.39	0.8	OK
Alcant. 04	04+193.8	TMC	0.11	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.170	1.292		0.845	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0011	0.0448	0.14	0.30	0.45	0.8	OK
Alcant. 05	05+457	TMC	0.08	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.147	1.203		0.795	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.0441	0.11	0.26	0.40	0.8	OK
Alcant. 06	07+303	MC	0.17	1.5	1.00	1.5	---	0.012	0.02	0.111	1.042	0.115			1.721	0.166	0.096	0.0017	0.0431	1.04	0.15	0.65	0.8	OK
Alcant. 07	07+997	TMC	0.12	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.178	1.323		0.862	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0011	0.0450	0.16	0.31	0.47	0.8	OK
Alcant. 08	08+754	TMC	0.09	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.152	1.222		0.806	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0010	0.0443	0.12	0.27	0.41	0.8	OK
Alcant. 09	09+458	TMC	0.05	---	0.50	---	48	0.021	0.02	0.375	1.919		1.126	158.482	1.686	0.446	0.264	0.0048	0.0505	1.11	0.55	0.66	0.6	OK
Alcant. 10	09+600	TMC	0.06	---	0.50	---	36	0.021	0.02	0.136	1.153		0.650	190.743	1.522	0.367	0.241	0.0022	0.0438	0.16	0.25	0.37	0.5	OK
Alcant. 11	09+947	TMC	0.11	---	0.60	---	48	0.021	0.02	0.414	2.016		1.155	178.195	1.896	0.572	0.302	0.0038	0.0516	1.05	0.62	0.93	0.3	OK
Alcant. 12	10+300	TMC	0.08	---	0.50	---	48	0.021	0.02	0.144	1.187		0.786	159.285	1.695	0.451	0.266	0.0018	0.0440	0.17	0.26	0.39	0.8	OK
Alcant. 13	11+222	MC	0.15	1.5	0.80	1.5	---	0.012	0.02	0.100	0.990	0.099			1.700	0.150	0.088	0.0018	0.0428	0.99	0.14	0.64	0.9	OK
Alcant. 14	12+028	TMC	0.10	---	0.52	---	48	0.021	0.02	0.166	1.275		0.836	162.887	1.733	0.474	0.273	0.0019	0.0446	0.22	0.29	0.44	0.8	OK
Alcant. 15	12+809	MC	0.23	1.5	0.80	1.5	---	0.012	0.02	0.132	1.140	0.151			1.765	0.199	0.113	0.0016	0.0437	1.14	0.18	0.68	0.8	OK
Alcant. 16	13+395.5	TMC	0.13	---	0.70	---	48	0.021	0.02	0.187	1.354		0.878	197.056	2.097	0.694	0.331	0.0013	0.0452	0.19	0.32	0.49	0.7	OK
Alcant. 17	13+638.5	TMC	0.07	---	0.60	---	48	0.021	0.02	0.414	2.016		1.155	178.195	1.896	0.572	0.302	0.0038	0.0516	1.05	0.62	0.93	0.3	OK
Alcant. 18	13+724	TMC	0.03	---	0.60	---	48	0.021	0.02	0.414	2.016		1.155	178.195	1.896	0.572	0.302	0.0038	0.0516	1.05	0.62	0.93	0.3	OK
Alcant. 19	14+089.5	MC	0.15	1.5	0.90	1.5	---	0.012	0.02	0.099	0.985	0.097			1.698	0.148	0.087	0.0018	0.0428	0.98	0.14	0.64	0.9	OK
Alcant. 20	14+522.7	TMC	0.10	---	0.66	---	48	0.021	0.02	0.164	1.268		0.832	189.779	2.019	0.647	0.320	0.0013	0.0446	0.15	0.29	0.43	0.8	OK
Alcant. 21	14+930	TMC	0.09	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.151	1.217		0.803	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0010	0.0442	0.11	0.27	0.40	0.8	OK
Alcant. 22	15+130.7	TMC	0.05	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.124	1.103		0.626	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0011	0.0435	0.09	0.23	0.34	0.6	OK
Alcant. 23	15+594	TMC	0.08	---	0.65	---	48	0.021	0.02	0.149	1.211		0.800	187.600	1.996	0.633	0.317	0.0012	0.0442	0.13	0.27	0.40	0.8	OK
Alcant. 24	15+715.7	TMC	0.06	---	0.70	---	36	0.021	0.02	0.139	1.169		0.657	243.180	1.940	0.537	0.277	0.0014	0.0439	0.12	0.25	0.38	0.5	OK
Alcant. 25	16+077.5	TMC	0.10	---	0.50	---	48	0.021	0.02	0.377	1.923		1.127	159.285	1.695	0.451	0.266	0.0047	0.0506	1.11	0.55	0.83	0.4	OK
Alcant. 26	16+232	TMC	0.02	---	0.70	---	36	0.021	0.02	0.068	0.817		0.480	244.154	1.948	0.539	0.277	0.0007	0.0419	0.03	0.14	0.22	0.7	OK
Alcant. 27	16+375	TMC	0.12	---	0.60	---	48	0.021	0.02	0.183	1.340		0.871	178.195	1.896	0.572	0.302	0.0017	0.0451	0.22	0.32	0.48	0.7	OK
Alcant. 28	16+678.6	TMC	0.11	---	0.65	---	48	0.021	0.02	0.169	1.287		0.842	187.600	1.996	0.633	0.317	0.0013	0.0447	0.17	0.30	0.45	0.8	OK
Alcant. 29	16+781.7	TMC	0.08	---	0.70	---	48	0.021	0.02	0.146	1.197		0.792	197.056	2.097	0.694	0.331	0.0010	0.0441	0.115	0.26	0.39	0.8	OK
Alcant. 30	17+202.6	TMC	0.06	---	0.70	---	36	0.021	0.02	0.139	1.169		0.657	244.154	1.948	0.539	0.277	0.0014	0.0439	0.115	0.25	0.38	0.5	OK
Alcant. 31	17+410.7	TMC	0.08	---	0.70	---	48	0.021	0.02	0.149	1.211		0.800	197.056	2.097	0.694	0.331	0.0011	0.0642	0.120	0.29	0.43	0.8	OK
Alcant. 32	17+881.9	TMC	0.10	---	0.65	---	48	0.021	0.02	0.161	1.257		0.826	187.600	1.996	0.633	0.317	0.0013	0.0845	0.153	0.32	0.49	0.7	OK
Alcant. 33	06+040	TMC	0.09	---	0.65	---	48	0.021	0.02	0.155	1.234		0.813	187.600	1.996	0.633	0.317	0.0012	0.1043	0.142	0.34	0.50	0.7	OK
Alcant. 34	07+230	TMC	0.02	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.081	0.891		0.519	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0007	0.1223	0.038	0.24	0.37	0.5	OK
Alcant. 35	08+250	TMC	0.08	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.144	1.187		0.786	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.1440	0.103	0.36	0.54	0.7	OK
Alcant. 36	08+500	TMC	0.08	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.144	1.187		0.786	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.1640	0.103	0.38	0.57	0.7	OK
Alcant. 37	09+000	TMC	0.10	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.166	1.275		0.836	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0010	0.1846	0.136	0.43	0.65	0.6	OK
Alcant. 38	09+330	TMC	0.02	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.087	0.922		0.536	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0008	0.2024	0.043	0.33	0.50	0.4	OK
Alcant. 39	09+790	TMC	0.05	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.113	1.053		0.707	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0007	0.2232	0.064	0.39	0.59	0.6	OK
Alcant. 40	10+550	TMC	0.08	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.144	1.187		0.786	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.2440	0.103	0.46	0.69	0.5	OK
Alcant. 41	10+800	TMC	0.08	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.144	1.187		0.786	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.2640	0.103	0.48	0.72	0.5	OK
Alcant. 42	11+050	TMC	0.05	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.129	1.124		0.636	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0012	0.2836	0.092	0.48	0.71	0.2	OK
Alcant. 43	12+250	TMC	0.05	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.110	1.040		0.699	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0007	0.3031	0.062	0.47	0.70	0.5	OK
Alcant. 44	14+750	TMC	0.07	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.137	1.158		0.769	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0009	0.3238	0.093	0.53	0.79	0.4	OK
Alcant. 45	15+050	TMC	0.01	---	0.75	---	36	0.021	0.02	0.042	0.644		0.384	259.646	2.072	0.576	0.278	0.0004	0.3412	0.011	0.40	0.61	0.3	OK
Alcant. 46	15+210	TMC	0.04	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.106	1.022		0.688	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0007	0.3630	0.058	0.52	0.78	0.4	OK
Alcant. 47	15+800	TMC	0.02	---	0.75	---	48	0.021	0.02	0.080	0.884		0.603	206.631	2.198	0.753	0.343	0.0005	0.3822	0.033	0.50	0.75	0.5	OK

CALCULO ESTRUCTURAL DE ALCANTARILLA TIPICA

1. NOMENCLATURA

Ancho Libre	L= m	1.50
Altura Libre	Hm= m	1.50
Altura de Relleno	Hr = m	1.90
Espesor de pantallas:	Ep = m	0.22
Espesor de losa :	h = m	0.25
Espesor losa cimentacion	Ez= m	0.25
Calidad del Concreto :	f'c = kg/cm2	210.00
Peso especifico del relleno	$\gamma_s = \text{tn/m}^3$	1.80



2. ANALISIS ESTRUCTURAL:

2.1 Carga Viva :

2.1.1 Incremento por Carga Vehicular Dinámica (Impacto) AASHTO LRFD 3.6.2.2:

$$IM = 33 \left(1 - 4.1 \times 10^{-4} x D_e \right) \geq 0\%$$

$$IM (\%) = 7.29$$

$$IM (\%) = 7.29$$

2.1.2 Distribución de la Carga de la Rueda a través del Relleno AASHTO LRFD 3.6.1.2.6

	Area de Contacto						
	a=	2.695	m				
	b=	2.435	m				

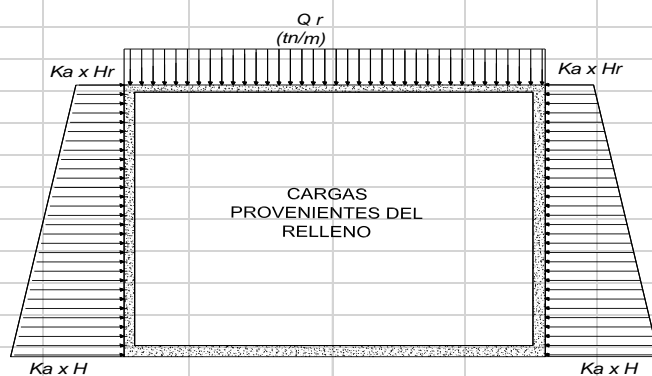
2.2 Cargas del Suelo o Relleno: AASHTO LRFD 12.11.2.2.1:

En terraplen			
$W_E = g F_e \gamma_s B_c H_x 10^{-9},$ $F_e = 1 + 0.20 \frac{H}{B_c} \leq 1.15$			
Fe=	1.150	Factor por Interacción Suelo-Estructura	
EV=	3.933	t/m	

Datos del relleno :

Altura de relleno.	Hr =	1.90	m
Peso unitario del material seco	$\gamma_s =$	1800.00	Kg/m3
Angulo de fricción interna del relleno	$\phi =$	32	°
Angulo de fricción interna suelo-concreto	$\delta = 2\phi/3 =$	21	°
Angulo de inclinación del relleno	$\alpha =$	0	°
Angulo de inclinación de la pared	$\beta =$	0	°
Coefficiente activo de presión	$K_a = M / [N \times (1 +$	0.275	$k_o = 0.5$
	$M = \cos^2(\phi - \beta) =$		0.719
	$N = \cos^2 \beta \cos(\beta + \delta) =$		0.931
	$Z = \frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \alpha)}{[\cos(\beta + \delta) \cos(\beta - \alpha)]} =$		0.456

Empuje de relleno :

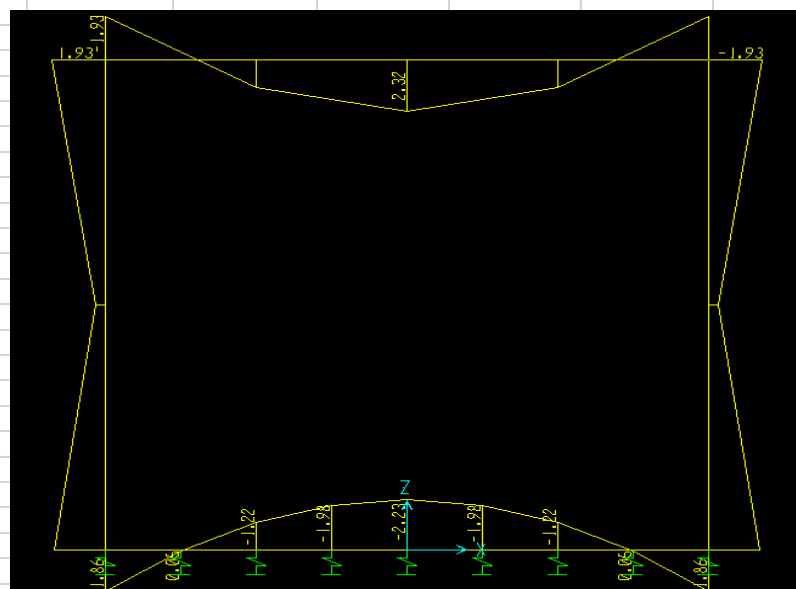


EH	$Ko \times Hr =$	1.85	tn/m
EH	$Ko \times H =$	3.06	tn/m

4.57

2.5 Cálculo de Esfuerzos ultimos en la estructura :

$$Mu = n * (1.25 * M_{DC} + 1.35 * M_{EV} + 1.5 * M_{EH} + 1.75 M_{LL+Im p})$$



2.6.1 Diseño de la losa superior :

Momento maximo positivo.

Mu	2.2800	tn-m
$f'c$ (kg/cm ²)	210.00	
Fy (kg/cm ²)	4200.00	
b m	1.00	
d m	0.20	
Mul tn-m	2.28	
Ru	63.33	
m	23.53	
Pcuantia	0.0015	
Pminima	0.0015	
Pmax	0.0163	
As cm ²	3.07	
s con 5/8"	0.65	
s con 1/2"	0.42	
s 3/8"	0.231	

Entonces la distribución del acero será:

Ø 3/8" @ 22.5cm
Acero Transversal

Momento maximo negativo.

Mu	-1.92	tn-m
$f'c$ (kg/cm ²)	210.00	
Fy (kg/cm ²)	4200.00	
b m	1.00	
d m	0.20	
Mul tn-m	1.92	
Ru	53.33	
m	23.53	
Pcuantia	0.0013	
Pminima	0.0015	
Pmax	0.0163	
As cm ²	3.00	
s con 5/8"	0.70	
s con 1/2"	0.43	
s con 3/8"	0.24	

Entonces la distribución del acero será:

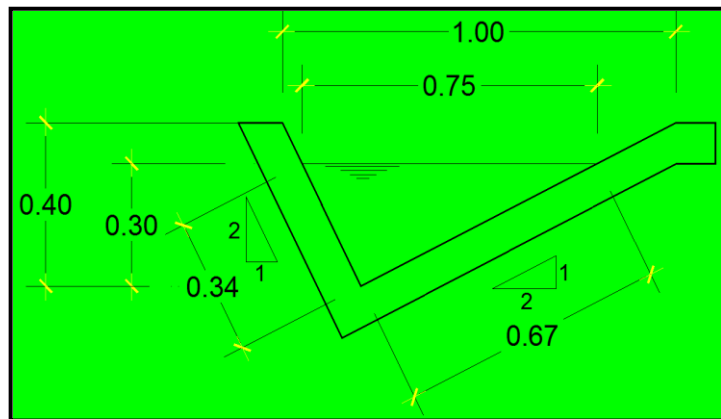
Ø 3/8" @ 22.5cm

4.3.2.2 Cunetas:

El cálculo hidraulico se determina mediante la fórmula de Manning.

A. Ejemplo: Determinación del caudal máximo de sección

$$Q = \frac{A \times R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$$



- i. Perimetro Mojado: (Pm)

$$Pm = 0.34 + 0.67 = 1.01 \text{ m}$$

- ii. Area Hidraulica: (A)

$$A = (0.75 \times 0.30)/2 = 0.1125 \text{ m}^2$$

- iii. Radio Hidraulico: (R)

$$R = A/Pm \longrightarrow R = 0.1125/1.01$$

$$R = 0.1114 \text{ m}$$

- iv. Pendiente: (S) $S = 2 \%$ $\longrightarrow S = 0.02$ (Para el Ejemplo)

- v. Pendiente: (n) $n = 0.035$

(Canal sin revestir en Roca Irregular, Tabla N° 14)

\longrightarrow Aplicando la Fórmula de Manning tenemos:

$$Q_{\max} = 0.105 \text{ m}^3/\text{s}$$

B. Área de influencia del canal con mayor longitud en la carretera

Datos generales:

Ubicación: 4+540 a 5+035

Longitud : 495 m

Intensidad: 81.70 mm/h

Área de Influencia: 3712.5 m² = 0.37 Hect.

C. Sección de influencia:

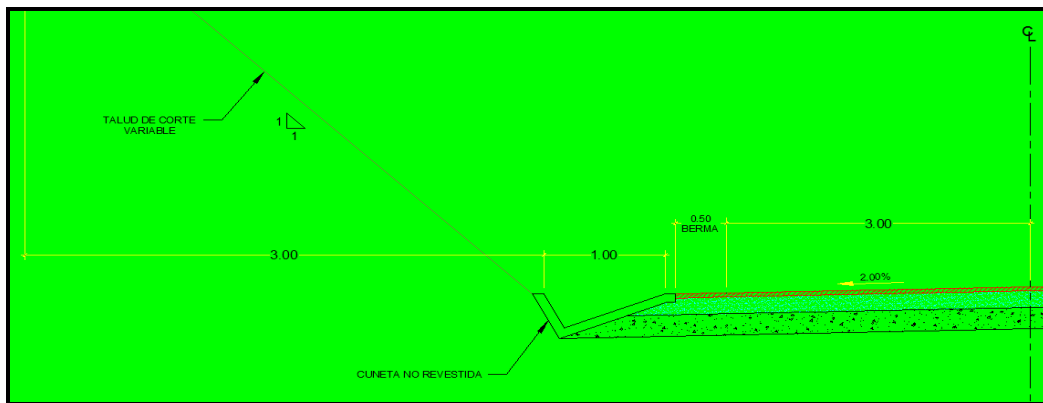


Figura 23: Sección de influencia hidrológica de cuneta

Caudal de diseño:

$$Q = \frac{CIA}{3600}$$

$$C = 0.5$$

$$I = 153.66 \text{ mm/h}$$

$$A = 3712.5 \text{ m}^2 = 0.37 \text{ Hect.}$$

$$Q = \frac{0.5 \times 153.66 \times 3712.5}{3600}$$

$$Q = 79.23 \frac{\text{lt}}{\text{s}} = 0.079 \text{ m}^3/\text{s}$$

Comparación de caudales:

$$3. \quad Q_{\text{max}} = 0.105 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{dis}} = 0.079 \text{ m}^3/\text{s} \dots \text{ok}$$

Verificación de velocidad: $V = Q/A$

$$4. \quad V = 0.105 / 0.1125 = 0.93 \text{ m/s}$$

A. Diseño de cuneta triangular tipo II

Leyenda:

H (m) = altura Z1,

B (m) = borde libre

Z2 = talud

P (m) = perímetro

n = Coeficiente de

Rh (m) = Radio Hidraulico

Rugosidad

S (m/m) = pendiente

Y (m) = tirante

Qd = Caudal

Aplicando la formula de Manning:

$$Q_d = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

H = 0.40

Y = 0.267

Zi = 0.50

Zd = 2.5

n = **0.030** (Canal sin revestir en roca irregular)

Cunetas sin revestir

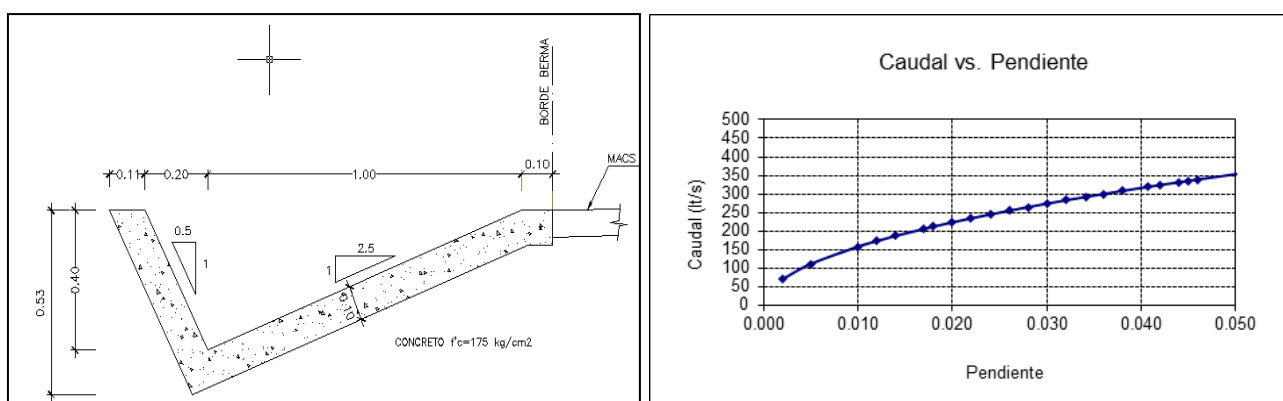
Tabla 56

Capacidad de conducción en función de la pendiente – cuneta sin revestir

H (m)	bl (m)	y (m)	A (m)	P (m)	R (m)	S (m/m)	Qd (lt/s)
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.002	35.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.005	56.0
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.010	79.1
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.012	86.7
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.014	93.6
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.016	100.1
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.018	106.2
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.020	111.9
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.022	117.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.024	122.6
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.026	127.6
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.028	132.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.030	137.1
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.032	141.6
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.034	146.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.036	150.1
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.038	154.3
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.041	159.7
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.042	162.2
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.044	166.0
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.046	169.7
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.057	188.9

0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.065	201.8
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.068	206.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.076	217.9
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.080	223.8
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.088	234.8

Cunetas revestida



$$H = 0.40$$

$$Y = 0.267$$

$$Z_i = 0.50$$

$$Z_d = 2.5$$

$$n = \mathbf{0.015} \text{ (Canal Revestido en Concreto)}$$

Aplicando la formula de Manning:

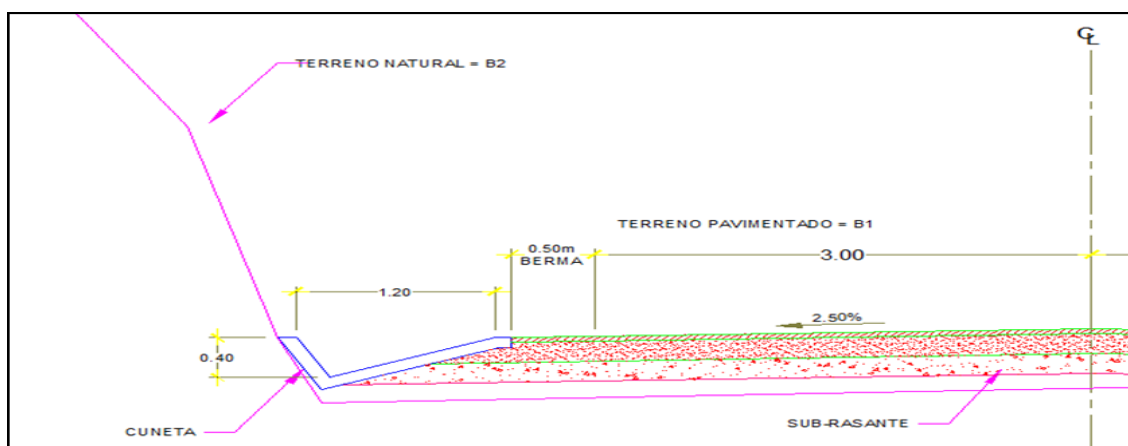
Tabla 57

Capacidad de Conducción en función de la pendiente – cuneta revestida

(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(lt/s)
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.002	70.8
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.005	111.9
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.010	158.3
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.012	173.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.014	187.3
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.017	206.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.018	212.3
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.020	223.8
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.022	234.8
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.024	245.2
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.026	255.2
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.028	264.8
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.030	274.1
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.032	283.1
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.034	292.7

0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.036	300.3
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.038	308.5
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.041	319.3
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.042	324.4
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.044	332.0
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.045	335.7
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.046	339.5
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.057	377.9
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.0660	406.6
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.076	435.7
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.080	447.7
0.40	0.13	0.267	0.107	1.016	0.105	0.088	469.5

B. Determinación del caudal aplicando método racional



Est. Sauce.

K = 157.73 (De Estudio Hidrológico)

m = 0.174

n = 0.527

C1 = 0.65 (Coef. Esc. Pavimento)

C2 = 0.40 (Coef. Esc. Tierra)

P10años = 100.40 (Diseño)

$$Q_h = 0.278 * CIA$$

Tabla 58*Caudal aplicando metodo racional*

<u>Terreno Plano</u>				S(mm/mm)		S(mm/mm) =		0.058			
				=		0.01700					
Longitud (m)	B1 (m)	B2 (m)	(C ₁ B ₁ +C ₂ B ₂) * A (Km ²)	Tiempo de Concentración tc(horas)	Intensidad mm/hora	Caudal Máximo (lt/seg)	Caudal Max. unitario (lt/seg/m)	Tiempo de Concentración tc(horas)	Intensidad mm/hora	Caudal Máximo (lt/seg)	Caudal Max. unitario (lt/seg/m)
50.00	3.5	30	0.00071375	0.032	250.56	49.7	0.994	0.020	321.40	63.8	1.275
100.00	3.5	30	0.0014275	0.054	189.13	75.1	0.751	0.034	242.60	96.3	0.963
150.00	3.5	30	0.00214125	0.074	160.43	95.5	0.637	0.046	205.80	122.5	0.817
220.00	3.5	30	0.0031405	0.099	137.34	119.9	0.545	0.062	176.17	153.8	0.699
240.00	3.5	30	0.003426	0.106	132.58	126.3	0.526	0.066	170.06	162.0	0.675
300.00	3.5	30	0.0042825	0.126	121.10	144.2	0.481	0.079	155.34	184.9	0.616
400.00	3.5	30	0.00571	0.157	107.76	171.1	0.428	0.098	138.22	219.4	0.549

				Smáx =		0.088		Smín =		0.017	
Longitud (m)	B1 (m)	B2 (m)	(C ₁ B ₁ +C ₂ B ₂) * A (Km ²)	Tiempo de Concentración tc(horas)	Intensidad mm/hora	Caudal Máximo (lt/seg)	Caudal Max. unitario (lt/seg/m)	Tiempo de Concentración tc(horas)	Intensidad mm/hora	Caudal Máximo (lt/seg)	Caudal Max. unitario (lt/seg/m)
50.00	3.5	30	0.00071375	0.017	349.77	69.4	1.388	0.032	250.56	49.7	0.994
100.00	3.5	30	0.0014275	0.029	264.01	104.8	1.048	0.054	189.13	75.1	0.751
150.00	3.5	30	0.00214125	0.039	223.96	133.3	0.889	0.074	160.43	95.5	0.637
220.00	3.5	30	0.0031405	0.053	191.72	167.4	0.761	0.099	137.34	119.9	0.545
240.00	3.5	30	0.003426	0.056	185.07	176.3	0.734	0.106	132.58	126.3	0.526
300.00	3.5	30	0.0042825	0.067	169.05	201.3	0.671	0.126	121.10	144.2	0.481
400.00	3.5	30	0.00571	0.084	150.42	238.8	0.597	0.157	107.76	171.1	0.428

				Sprom =		0.040					
Longitud (m)	B1 (m)	B2 (m)	(C ₁ B ₁ +C ₂ B ₂) * A (Km ²)	Tiempo de Concentración tc(horas)	Intensidad mm/hora	Caudal Máximo (lt/seg)	Caudal Max. unitario (lt/seg/m)				
50.00	3.5	30	0.00071375	0.023	298.06	59.1	1.183				
100.00	3.5	30	0.0014275	0.039	224.98	89.3	0.893				
150.00	3.5	30	0.00214125	0.053	190.85	113.6	0.757				
220.00	3.5	30	0.0031405	0.071	163.38	142.6	0.648				
240.00	3.5	30	0.003426	0.076	157.71	150.2	0.626				
300.00	3.5	30	0.0042825	0.091	144.06	171.5	0.572				
400.00	3.5	30	0.00571	0.113	128.19	203.5	0.509				

Las descargas máximas estan comprendidas entre 49.72 y 238.78 lt/seg para Smin y Smax.

Espaciamiento entre alcantarillas (m)	Q_{\min} lt/s	Q_h máx lt/s
50	49.72	69.40
100	75.05	104.77
150	95.50	133.32
220	119.91	167.39
240	126.27	176.27
300	144.17	201.26
400	171.05	238.78

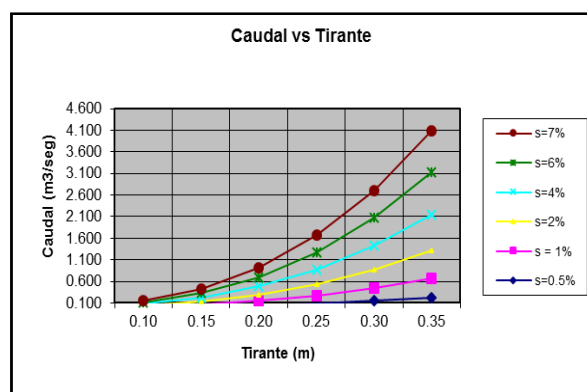
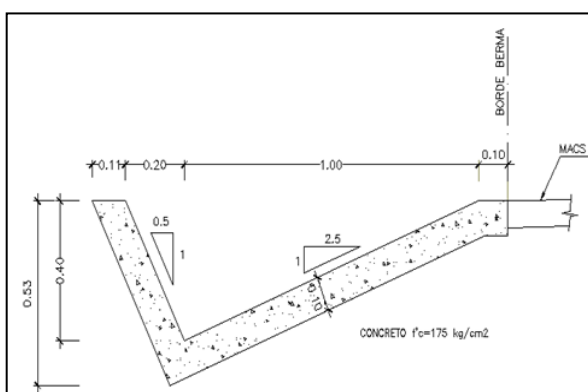
Entonces:

$$Q_d > Q_h$$

Q_h = Caudal de datos Hidrológicos.

Q_d = Capacidad de conducción máxima

C. Determinación de caudal vs tirante variando la pendiente



Leyenda:

Leyenda:

H (m) = altura Z1,

Z2 = talud

n = Coeficiente de Rugosidad

Y (m) = tirante

B (m) = borde libre

P (m) = perímetro

Rh (m) = Radio Hidráulico

S (m/m) = pendiente

Qd = Caudal

Capacidad de conducción aplicando la Formula de Manning:

$$\begin{aligned} H \text{ (m)} &= 0.4 \\ z \text{ 1} &= 0.5 \\ z \text{ 2} &= 2.5 \\ n &= 0.015 \end{aligned}$$

Tabla 59

Determinación del caudal vs tirante variando la pendiente

y (m)	bl (m)	A (m)	p (m)	Rh (m)	Qd (m ³ /seg)						V (m/seg)					
					s=0.005	s=0.017	s=0.040	s=0.045	s=0.066	s=0.088	s=0.005	s=0.017	s=0.040	s=0.045	s=0.066	s=0.088
0.10	0.30	0.015	0.38	0.04	0.008	0.015	0.023	0.025	0.030	0.034	0.55	1.01	1.54	1.64	1.98	2.29
0.15	0.25	0.034	0.57	0.06	0.024	0.044	0.068	0.072	0.088	0.101	0.71	1.32	2.02	2.14	2.60	3.00
0.20	0.20	0.060	0.76	0.08	0.052	0.096	0.147	0.156	0.189	0.218	0.87	1.60	2.45	2.60	3.15	3.63
0.25	0.15	0.094	0.95	0.10	0.094	0.174	0.266	0.283	0.342	0.395	1.00	1.85	2.84	3.01	3.65	4.22
0.30	0.10	0.135	1.14	0.12	0.153	0.282	0.433	0.460	0.557	0.643	1.13	2.09	3.21	3.40	4.12	4.76
0.35	0.05	0.184	1.33	0.14	0.231	0.426	0.654	0.693	0.839	0.969	1.26	2.32	3.56	3.77	4.57	5.28

4.3.2.3 Baden:

Diseño hidráulico

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme.

Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades:

- a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal.
- b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme que se considera es permanente en el tiempo. Aun cuando este tipo de flujo es muy raro en las corrientes naturales, en general, constituye una manera fácil de idealizar el flujo en el badén, y los resultados tienen una aproximación práctica adecuada.

La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

$$R = A/P$$

Donde el gasto viene dado por la siguiente relación:

$$Q = VA$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

V : Velocidad media de flujo (m/s)

A : Área de la sección hidráulica (m²)

P : Perímetro mojado (m)

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente de fondo (m/m)

n : Coeficiente de Manning

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis

El proyecto sobre carreteras se proyectan a mejorar la conexiones entre pueblos, y para ello desde su apertura como trocha, vá mejorando su servicio y su transitabilidad, esto gracias al mantenimiento y/o proyectos de mejoramiento. La tesis es sobre el mejoramiento específicamente del Diseño Geométrico y Drenaje de la vía de acceso hacia el distrito de Sauce desde el desvío de la carretera Arq. Fernando Belaude Terry (18+165 km). Cabe indicar que el trabajo de mejorar estos aspectos no por sí es la solución definitiva de los problemas sobre un carretera y la transitabilidad de vehículos; para ello se plantearía un diseño definitivo sobre la vía (A nivel de Pavimentado)

5.1.1 Ensayos preliminares

Se realizaron ensayos previos y mínimos de diseño geométrico, Los radios se han adoptado en función a la velocidad directriz y las condiciones topográficas del terreno, siendo necesario adoptar radios con longitudes iguales al mínimo excepcional.

La velocidad adoptada para la elaboración de la presente propuesta, es de 30 Km/h, 40 km/h y 60 km/h. La cual satisfacer a las necesidades del tráfico y se adopta al tipo de relieve del terreno de la zona.

La pendiente máxima está dentro del rango permisible y la mínima se adoptó debido a que el drenaje en estos tramos está garantizado.

La sección transversal corresponde al ancho mínimo, en la cual está incluida la superficie de rodadura, las bermas y el sobre ancho en las curvas.

5.1.2 Estudio de tráfico

Los trabajos de campo se efectuaron con la instalación de una estación, ya que esta carretera desde el punto del desvío solo conduce hacia es Distrito de Sauce, esto ubicado al altura del Km 17+880 aproximadamente a la entrada del poblado de Sauce, para lo cual se aplicó el método del conteo vehicular manual por tres días consecutivos tomando como referencia los tres días con mayor transitabilidad en la vía (Viernes, Sabado y Domingo), a fin de obtener las principales características del tráfico vehicular.

El presente estudio de tráfico tiene por objetivo directo determinar el Índice Medio Diario (IMD) que circulara por la vía en estudio materia del presente proyecto, con la finalidad de categorizar el tipo de vía a diseñar y el tipo de vehículo de diseño.

5.1.3 Diseño geométrico

El diseño geométrico de la carretera de acceso al Distrito de Sauce por el Puerto Sauce (Rio Huallaga), ha sido desarrollado según lo establecido en las Normas Peruanas, indicados en los manuales de diseño tanto de “Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito” y también de “Diseño Geométrico de Carreteras” y el respaldo de referencias bibliográficas sobre el tema.

El estudio incluye la determinación de la Velocidad Directriz, la sección transversal, ancho de calzada, ancho de berma, bombeo, taludes de corte y relleno, peraltes, parámetros de diseño de alineamiento horizontal y vertical, el radio mínimo para el peralte máximo, el sobreancho, y la pendiente máxima.

5.1.4 Hidrología y drenaje

Para el buen manejo de las aguas superficiales y subterráneas es importante realizar un estudio que conlleve a determinar predimensionamientos y a elegir el tipo de obra de arte que cumpla de mejor manera la función de drenaje.

Los objetivos se resumen en evaluar los sistemas de drenaje existentes desde el punto de vista hidráulico con el fin de determinar su estado de conservación y operatividad, proponer soluciones para el mejoramiento de las estructuras de drenaje existentes que se adecue al nuevo diseño y las condiciones actuales de la zona del proyecto. Identificación de los problemas de drenaje y sectores críticos al final el desarrollo del estudio hidrológico que conducen a la determinación de los caudales de diseño para proyectar las estructuras de drenaje, (Alcantarillas, Cunetas, badenes y obras de protección).

5.2 Discusión de resultados

1. Si bien el proyecto es sobre el mejoramiento del diseño geométrico y drenaje, osea dá como resultado la solución o mejoramiento parcial de un todo que viene a ser el diseño definitivo. El proyecto de carretera al nivel definitivo, es el trabajo que se ejecuta en todos los componentes que involucran la mejora de la vía (Diseño Geométrico, Drenaje, Obras de Arte, Puentes, Señalización, Pavimento, etc).

2. Desarrollo del trabajo del Diseño Geométrico para esta carretera se conjugó con el alienamiento y trazo existente, ya que la ruta requiere de mejorar puntos específicos como: Curvas cerradas, pendientes elevadas, sección constante, Sobreancho, etc.
3. La vía existente que es materia de trabajo de esta tesis, comprende desde el punto del Desvío de la Carretera Fernando Belaunde Terry hasta la plaza de armas del poblado de Sauce, con una longitud de 18+160 km. En la actualidad el casco urbano del poblado aumentó lo que es importante mencionar que la carretera ya no involucra parte de la zona urbana, el cual en esta tesis la vía se proyecta hasta la primera manzanas desde donde se encuentra la zona urbana.
4. Se estableció la utilización de tres (03), velocidades directrices en función y de acuerdo a la topografía del terreno, como es en el terreno plano (60 km/h), terreno accidentado (30 km/h), terreno ondulado (40 km/h), que abarca tres sectores que completan la longitud total de la vía.
5. El IMD, de acuerdo al estudio realizado está en función a los tres días de mayor transitabilidad y tráfico en la carretera, por lo que se determinó un IMD con datos en referencia al mayor tráfico. Cabe indicar que con los datos de factor de corrección estacional (En Enero) tomados de el peaje Tarapoto – Moyobamba, se obtuvo un dato que supera los 200 Veh/día, lo que hace que esta carretera de acuerdo a su demanda pertenezca a un tipo de vía de Tercera Clase, (Entre 200 a 400 Veh/día).
6. En el diseño de sección transversal de la carretera específicamente el ángulo de inclinación de los taludes, se establece de acuerdo a los datos que resultan del estudio de suelo. Límites de Consistencia, ángulo de fricción. Para este caso en el proyecto se enmarcó específicamente al diseño geométrico y drenaje.

CONCLUSIONES

6.1 Conclusiones:

1. La carretera de acceso al Distrito de Sauce desde el desvío carretera Arq. Fernando Belaunde Terry, de acuerdo al estudio de tráfico realizado y en función a la clasificación por su demanda pertenece a una **Vía de Tercera Clase**, (Entre 200 – 400 veh. /día) con un IMDa, de 213 Veh. /día.
2. La carretera materia de la tesis inicialmente con longitud de 18.160 kilómetros, con Km 0+000 en el desvío y punto final km 18.160 a la altura de la Plaza de Armas del distrito. Al final del trabajo de la tesis se concluye que la longitud de la vía de acuerdo a su categoría corresponde antes del casco urbano del poblado de Sauce una longitud de 17.165 kilómetros, el cual sería la longitud determinada luego del mejoramiento del diseño geométrico y el nuevo punto final de la vía.
3. Se determinó que para un mejoramiento importante en la transitabilidad en la carretera no basta con mejorar el Diseño Geométrico y el Drenaje, para mantener esta mejora es necesario llegar al nivel de pavimentado o al trabajo de estudio definitivo.
4. Cabe indicar que a lo largo de la carretera existe un obstáculo natural importante que es necesario salvar para que la vía tenga una transitabilidad más rápida y acceso al distrito de Sauce en menor tiempo al margen si fuese pavimentado. Es el cruce del río Huallaga (200 mts de Ancho), que se agilizará el pase con la construcción de un puente, que su propuesta no es parte de esta tesis.
5. En la ejecución del sistema de drenaje se planteó en la obras de arte el diseño dos tipos de Alcantarillas (TMC, MC), que en diámetro no menor 36” y no mayor a 48” de acuerdo a la necesidad de evacuar los caudales de mayor cantidad.
6. Se tiene en claro que la aplicación de los conceptos académicas, cálculos técnicos en este caso al Diseño Geométrico y Diseño de Drenaje para la carretera, se ven parámetros y normas que establece el MTC, (Ministerio de Transportes y Comunicaciones), bajo la guía de manuales, que hay que regirse y tomar los dimensionamientos que mejor se adecúan a la necesidad y realidad de la vía.
7. Los radios se adoptaron y/o calculado en función a la velocidad directriz y las condiciones topográficas del terreno, siendo necesario adoptar radios con longitudes iguales al mínimo excepcional.

RECOMENDACIONES

6.2 Recomendaciones

1. Es preciso recomendar que debe realizarse instrumentos de guías o manuales orientadas a la construcción de carreteras adecuadas a la zona de la selva.
2. A las autoridades de la provincia de San Martín y de la Región de San Martín, solicitar que esta carretera se ubique dentro su plan de proyectos de carreteras para ser el ente de financiamiento para la ejecución en el mejoramiento de esta carretera, a fin de explotar con mayor afluencia los recursos turísticos que la zona ofrece, ofertando una vía de acceso que garantice seguridad, transitabilidad y comodidad.
3. Se recomienda a las autoridades del Distrito de Sauce, mantener la plataforma de rodadura de la carretera, con mantenimientos periódicos con raspado de plataforma, bacheos, desbroce y manejo de aguas superficiales.
4. Es recomendable en lo menor posible generar cortes de taludes en esta carretera que por el transcurso del tiempo de uso de la vía, ya los taludes se estabilizaron y no existe mayor riesgo de deslizamiento, utilizar el ancho de vía existente y ampliar la vía con la aplicación de muros de contención, esto en el tramo de zonas de roquería.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ministerio de Transportes y Comunicaciones –MTC (2013), Manual de *Carretera “Diseño Geométrico”* (DG-2013), (DG-2014), Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC (2008), “*Manual de Diseño de Carretera No Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito*”, marzo , Lima – Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones- MTC (2003) , *Norma Técnica Peruana*, Lima, Perú.

Ruiz, W. (2013) “*Diseño Geométrico y de Pavimento del camino vecinal Santa Rosa Nueva Chachamayo, Provincia de Bellavista – Región de San Martín*”, Proyecto de Tesis, UNSM.

Santos, R. (2011) “*Diseño Geométrico y de la Alcantarilla de la Carretera Shamboyacu – Lejía – Provincia de Picota*” Proyecto de Tesis, UNSM.

Villegas, J.,G.(2012) “*Diseño Geométrico y de Pavimentos de la Carretera Ledoy – Bellavista.*” Proyecto de Tesis, UNSM.

USAID No. 596-0181.20 Leclair, R – Consultor (2001) “*Norma Para El Diseño Geometrico De Las Carreteras Regionales*”, Febrero.

USAID, SIECA Ing. Coronado, J. – Consultor (2002) “*Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*”, Noviembre.

Linkografía

<http://es.scribd.com/doc/73294210/Diseno-Carretera-Chachapoyas-Geomaster-Nobre-2010>

<http://ofi.mef.gob.pe/PIPMenor2009/ReportePIPMenor.aspx?Codigo=168380&version=1&usuario=>

<http://tech.groups.yahoo.com/group/Camineros/message/1753>

Materiales.wikispaces.com/file/view/Módulo+de+elasticidad.doc

http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/em-2000/seccion-01/mtc119.pdf

<http://www.camineros.com/docs/cam027.pdf>

<http://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v16n3/art09.pdf>

http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/pag_glosario/Glosario/M.pdf

<http://es.scribd.com/doc/135608774/11-0-Afirmados-pdf>

<http://noemagico.blogia.com/2006/091301-la-investigacion-descriptiva.php>

http://www.repsol.com/pe_es/productos_y_servicios/productos/peasfaltos/productos/easfalticas/

ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO

FICHAS DE CONTEO VEHICULAR

PLANOS